



Уральский  
федеральный  
университет

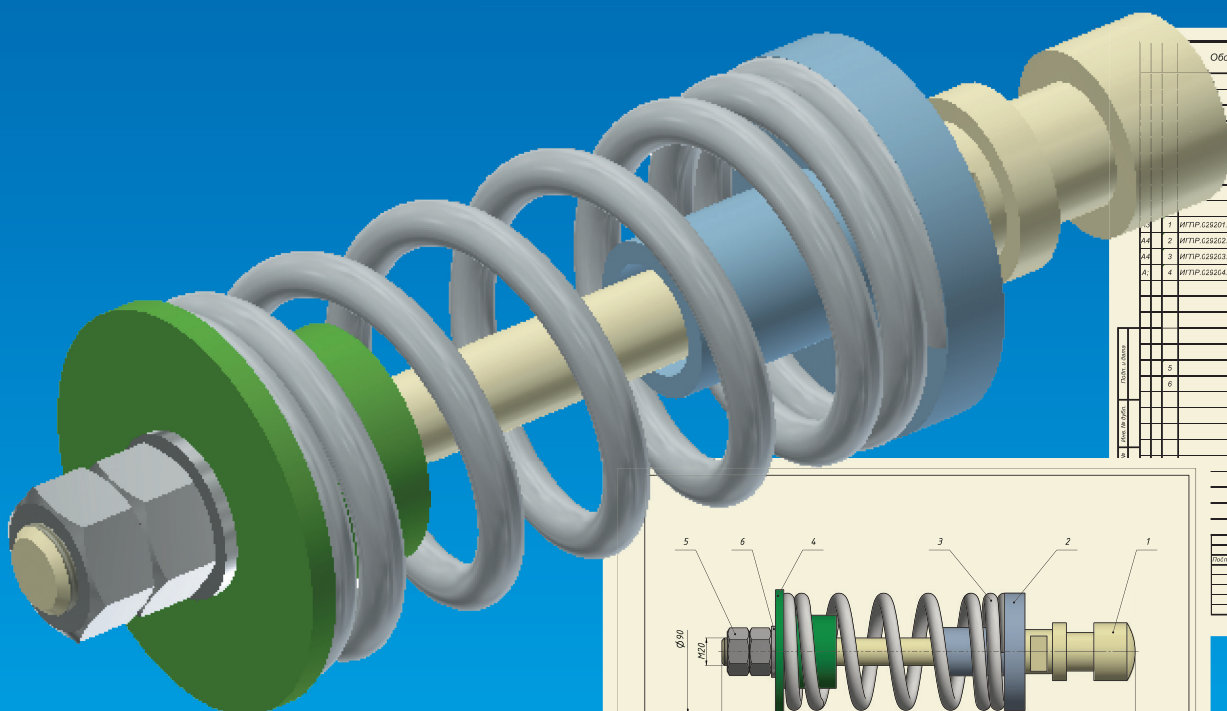
имени первого Президента  
России Б.Н. Ельцина

Институт  
фундаментального  
образования

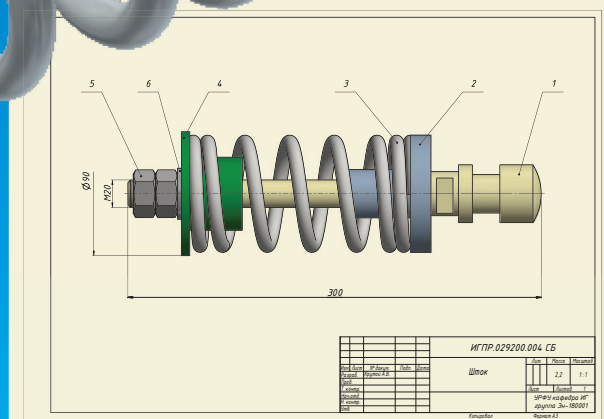
Н. Х. ПОНЕТАЕВА  
Н. В. ПАТРУШЕВА

# ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ

Учебное пособие



Обозначение	Наименование	Количество	Примечание
<u>Документация</u>			
ИГПР.029200.004.СБ	Сборочный чертеж	1	
<u>Детали</u>			
1 ИГПР.029201.004	Шток	1	
2 ИГПР.029202.004	Втулка-стопор	1	
3 ИГПР.029203.004	Пружина скатная	1	
4 ИГПР.029204.004	Упор	1	
<u>Специальные изделия</u>			
5	Гайка М20х1,5-6Н ГОСТ 5915-70	2	
6	Шайба 20 ГОСТ 11371-78	1	
<u>Итого</u>			
ИГПР.029200.004			
Шток			
УРФУ кафедра ИГ			
группа ЭН-180001			
формат А4			





Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Уральский федеральный университет  
имени первого Президента России Б. Н. Ельцина

Н. Х. Понетаева, Н. В. Патрушева

# **ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА. ИНФОРМАЦИОННЫЕ ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Учебное пособие

Под общей редакцией канд. техн. наук, доц. Н. Х. Понетаевой

Рекомендовано методическим советом  
Уральского федерального университета  
для студентов вуза, обучающихся  
по направлению подготовки  
13.03.02 — Энергетика и электротехника

Екатеринбург  
Издательство Уральского университета  
2019

УДК 004.92:744.4(075.8)

ББК 30.2-5-05я73

П56

Рецензенты:

*Н. Н. Мичурова*, канд. пед. наук, доц., заведующая кафедрой общетехнических дисциплин Уральского института ГПС МЧС России;

*Н. Г. Новгородова*, канд. техн. наук, доц. кафедры энергетики и транспорта Российского государственного профессионально-педагогического университета

**Понетаева, Н. Х.**

П56 Инженерная графика. Информационные основы проектирования : учеб. пособие / Н. Х. Понетаева, Н. В. Патрушева ; [под общ. ред. Н. Х. Понетаевой]. — Екатеринбург : Изд-во Уральского ун-та, 2019. — 132 с.

ISBN 978-5-7996-2696-9

Учебное пособие знакомит с основами трехмерного проектирования промышленных изделий в САПР Autodesk Inventor. Рассмотрена методика создания геометрических моделей и электронных чертежей всех видов изделий: деталей, сборочных единиц, сварных конструкций на примере конкретного сборочного изделия.

Пособие подготовлено на основе опыта преподавания дисциплины инженерной графики на кафедре «Инженерная графика» УрФУ имени Б. Н. Ельцина и с учетом требований стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД).

Библиогр.: 5 назв. Табл. 19. Рис. 118. Прил. 15.

УДК 004.92:744.4(075.8)

ББК 30.2-5-05я73

ISBN 978-5-7996-2696-9

© Уральский федеральный  
университет, 2019



# Оглавление

.....

<b>Предисловие .....</b>	<b>5</b>
<b>1. Конструкторская документация и ее оформление .....</b>	<b>6</b>
1.1. Виды изделий и конструкторских документов .....	6
1.2. Обозначение конструкторской документации .....	7
<b>2. Виды соединений .....</b>	<b>8</b>
2.1. Резьбовые соединения.....	8
2.1.1. Болтовое соединение .....	10
2.1.2. Шпильчное соединение.....	10
2.1.3. Винтовое соединение.....	11
2.1.4. Технические требования к болтам, винтам, шпилькам, гайкам.....	14
2.1.5. Технические требования к шайбам .....	16
2.2. Соединения штифтами.....	16
2.3. Шпоночные соединения .....	16
2.4. Сварные соединения .....	18
<b>3. Разработка рабочей документации.....</b>	<b>22</b>
3.1. Спецификация .....	22
3.2. Сборочный чертеж изделия.....	23
3.2.1. Общие требования к сборочному чертежу.....	23
3.2.2. Нанесение размеров на сборочном чертеже .....	24
3.2.3. Указание позиций .....	25
3.3. Сборочный чертеж сварного изделия .....	25
3.4. Чертежи деталей.....	25
3.4.1. Требования к рабочему чертежу детали .....	25
3.4.2. Особенности чертежа литой детали .....	28
3.4.3. Чертежи механически обработанных деталей .....	29
3.4.4. Чертежи деталей, изготовленных холодной штамповкой.....	32
3.4.5. Правила выполнения чертежа пружины.....	35
3.5. Оформление пояснительной записки.....	35
<b>4. Автоматизированное проектирование в системе Autodesk Inventor .....</b>	<b>37</b>
4.1. Запуск .....	37
4.2. Проекты в Autodesk Inventor.....	38
4.3. Создание модели детали .....	39
4.4. Пример выполнения рабочего чертежа гайки накидной .....	51
4.5. Пояснительная записка .....	62

4.6. Моделирование сборок в Autodesk Inventor.....	65
4.6.1. Проектирование сварной конструкции.....	66
4.6.2. Модель шпилечного соединения корпуса и рамы.....	78
4.6.3. Модель болтового соединения корпуса и сварной крышки .....	82
4.6.4. Модель сборочного узла с пружиной.....	85
<b>Библиографический список .....</b>	<b>89</b>
Приложение 1. Пример выполнения учебного проекта .....	90
Приложение 2. Болты с шестигранной головкой класса точности <i>B</i> по ГОСТ 7798–70.....	114
Приложение 3. Шпильки с ввинчиваемым концом длиной <i>1d</i> по ГОСТ 22032–76....	116
Приложение 4. Винты установочные с коническим концом и прямым шлифом классов точности <i>A</i> и <i>B</i> по ГОСТ 1476–93 .....	118
Приложение 5. Винты установочные с плоским концом и прямым шлифом классов точности <i>A</i> и <i>B</i> по ГОСТ 1477–93.....	119
Приложение 6. Винты установочные с цилиндрическим концом и прямым шлифом классов точности <i>A</i> и <i>B</i> по ГОСТ 1478–93.....	120
Приложение 7. Винты установочные с квадратной головкой и цилиндрическим концом классов точности <i>A</i> и <i>B</i> по ГОСТ 1482–84.....	121
Приложение 8. Винты с цилиндрической головкой классов точности <i>A</i> и <i>B</i> по ГОСТ 1491–80.....	122
Приложение 9. Гайки шестигранные класса точности <i>B</i> по ГОСТ 5915–70 .....	123
Приложение 10. Шайбы по ГОСТ 11371–78.....	124
Приложение 11. Шайбы пружинные по ГОСТ 6402–70.....	125
Приложение 12. Шпонки призматические по ГОСТ 23360–78.....	126
Приложение 13. Штифты цилиндрические незакаленные по ГОСТ 3128–70 .....	127
Приложение 14. Штифты конические незакаленные по ГОСТ 3129–70 .....	128
Приложение 15. Конструкционные материалы.....	129

# Предисловие

---

**С**овременный учебный процесс в вузе построен на проектной деятельности начиная с первого курса.

Графическая подготовка бакалавра по направлению ФГОС ВО «Электроэнергетика и электротехника» основана на изучении курса инженерной графики и приобретении навыков работы в системах автоматизированного проектирования.

Проектная деятельность позволяет студентам познакомиться с реальным промышленным изделием, которое является сборочной единицей; научиться определять составляющие компоненты и принцип работы изделия; понимать, с помощью каких сборочных операций выполнена сборка заданного изделия; получить опыт создания конструкторских документов для изготовления изделия; приобрести навыки выполнения чертежей с помощью графического пакета Autodesk Inventor.

В пособии предложен единый подход к проектированию промышленных изделий с применением САПР Autodesk Inventor.

В первых трех главах пособия кратко рассмотрены основные положения стандартов ГОСТ ЕСКД, используемых при проектировании изделий, и примеры типовых конструкторских решений. В четвертой главе подробно рассмотрено моделирование деталей, сборочных узлов, сварной конструкции и создание чертежей. В приложениях приведены пример выполнения учебного проекта и выписки из необходимых для проектирования ГОСТ.

Учебное пособие рекомендуется использовать в процессе проектирования при изучении курса «Инженерная графика».

# 1. Конструкторская документация и ее оформление

.....

**С**овокупность конструкторских документов, графических (чертежи, схемы) и текстовых (спецификация, пояснительная записка), представляет собой конструкторский проект.

Правила, порядок разработки и оформления конструкторских документов регламентированы комплексом стандартов Единой системы конструкторской документации (ЕСКД ГОСТ).

## 1.1. Виды изделий и конструкторских документов

---

Под изделием понимают любую продукцию, подлежащую изготовлению на предприятии по конструкторской документации.

В учебном проектировании по инженерной графике используют следующие виды изделий: деталь, сборочная единица.

*Деталь* — изделие, изготовленное из однородного по наименованию и марке материала без применения сборочных операций.

*Сборочная единица* — изделие, составные части которого подлежат соединению между собой на предприятии-изготовителе сборочными операциями (свинчиванием, сваркой, пайкой, склеиванием и т. п.).

Виды конструкторских документов, применяемые при проектировании: чертеж детали, схема, спецификация, сборочный чертеж, чертеж общего вида, пояснительная записка.

*Чертеж детали* — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля (см. раздел 3.4).

*Схема* — документ, на котором показаны в виде условных изображений или обозначений составные части изделия и связи между ними (прил. 1).

*Спецификация* — документ, определяющий состав сборочной единицы (см. раздел 3.1).

*Сборочный чертеж* — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для ее сборки (изготовления) и контроля (см. раздел 3.2 и прил. 1).

*Чертеж общего вида* — документ, определяющий конструкцию изделия, взаимодействие его составных частей и поясняющий принцип работы изделия.

*Пояснительная записка* — документ, содержащий описание устройства, принципа действия разрабатываемого изделия, а также обоснование принятых при его разработке технических и технико-экономических решений.

## 1.2. Обозначение конструкторской документации

Конструкторские документы обозначаются в соответствии с ГОСТ 2.201–80 «Обозначение изделий и конструкторских документов».

В проектах конструкторские документы обозначают по установленной системе обозначений. Структура обозначения приведена на рис. 1.1.

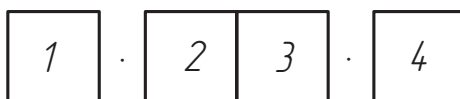


Рис. 1.1. Структура обозначения конструкторских документов

В поле 1 записывают условный код.

В поле 2 записывают порядковый номер задания, состоящий из трех знаков.

В поле 3 — порядковый номер основной сборочной единицы, для чертежей деталей, входящих непосредственно в сборочную единицу, порядковый номер от 1 до 99.

В поле 4 записывают порядковый номер, состоящий из трех знаков, фамилии студента по списку в журнале.

Обозначение кода документа приводят правее поля 4.

*Примеры обозначения конструкторской документации проектируемого изделия:* номер выданного задания 29, в списке в журнале группы студент записан под номером 4.

Спецификация изделия — **ИГПР. 029000.004.**

Сборочный чертеж изделия — **ИГПР. 029000.004 СБ.**

Чертежи деталей основного сборочного изделия — **ИГПР. 029001.004.**

Спецификация промежуточной сборочной единицы (сварной конструкции) — **ИГПР. 029100.004 СБ.**

Сборочный чертеж сварной конструкции — **ИГПР. 029100.004 СБ.**

Чертежи деталей сварной конструкции — **ИГПР. 029101.004.**

## 2. Виды соединений

.....

### 2.1. Резьбовые соединения

---

**Р**езьбовые соединения относятся к разъемным соединениям. Разъемные соединения допускают многократную сборку и разборку всего соединения без нарушения формы и размеров всех его деталей.

К разъемным соединениям относят резьбовые, шпоночные, штифтовые и другие соединения.

Резьбовые соединения можно разделить на две группы: соединения деталей свинчиванием, рис. 2.1; соединения, осуществляемые с помощью специальных крепежных деталей, таких как болт, винт, шпилька, гайка, шайба, рис. 2.2.

Изображения резьбовых соединений деталей выполняют по ГОСТ 2.311–68, как показано на рис. 2.1, т.е. в отверстии показывают только ту часть резьбы, которая не закрыта резьбой стержня.

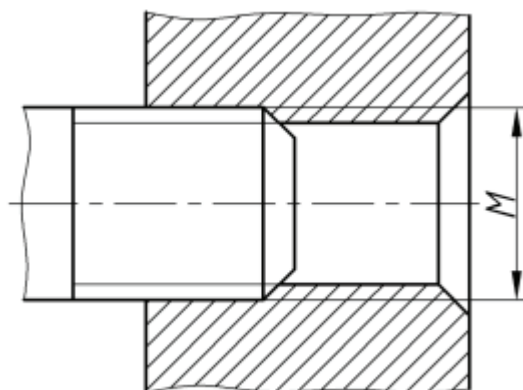


Рис. 2.1. Изображение резьбового соединения

Для соединения деталей с помощью стандартных крепежных изделий необходимо сверление сквозных отверстий. Размеры сквозных отверстий под болты, винты и шпильки устанавливает ГОСТ 11284–75 «Отверстия сквозные под крепежные детали», в табл. 2.1. частично представлены сведения из ГОСТ.

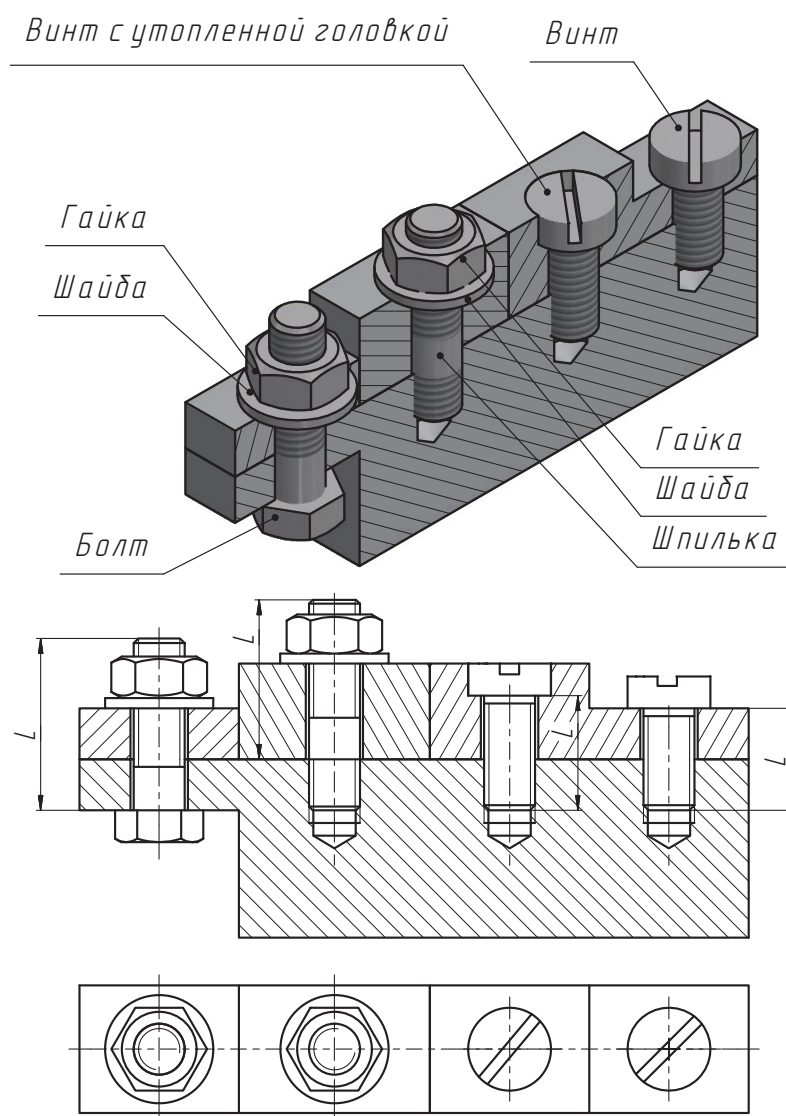


Рис. 2.2. Соединения с помощью болта, шпильки, винта

Таблица 2.1

## Сквозные отверстия под крепежные детали, мм

Диаметр стержня крепежных деталей, $d$	Диаметр сквозного отверстия		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
6,0	6,4	6,6	7,0
8,0	8,4	9,0	10,0
10,0	10,5	11,0	12,0
12,0	13,0	14,0	15,0
14,0	15,0	16,0	17,0
16,0	17,0	18,0	19,0
18,0	19,0	20,0	21,0
20,0	21,0	22,0	24,0

Окончание табл. 2.1

Диаметр стержня крепежных деталей, $d$	Диаметр сквозного отверстия		
	1-й ряд	2-й ряд	3-й ряд
22,0	23,0	24,0	26,0
24,0	25,0	26,0	28,0
27,0	28,0	30,0	32,0
30,0	31,0	33,0	35,0

### 2.1.1. Болтовое соединение

Болтовое соединение применяют для скрепления двух и более деталей.

Болт представляет собой цилиндрический стержень с резьбой и головкой. Конструктивные размеры болтов с шестигранной головкой приведены в прил. 2. Болт проходит через сквозные отверстия всех соединяемых деталей. В соединение входят также гайка и шайба, рис. 2.2. Шайбу применяют для предохранения поверхности детали при завинчивании гайки на стержень болта. В соединение входят болт, шайба, гайка (прил. 2, 9–11). Для предотвращения возможного самоотвинчивания гайки при вибрационных нагрузках используют пружинную шайбу (см. прил. 11).

Длиной болта  $L$  считается размер от резьбового конца стержня до опорной поверхности головки.

Необходимая для соединения деталей длина болта предварительно рассчитывается, затем выбирается ближайшее стандартное значение. Пример расчета болтового соединения приводится в пояснительной записке, прил. 1.

### 2.1.2. Шпильчное соединение

Соединение деталей шпилькой применяется, когда нет места для головки болта или когда одна из соединяемых деталей имеет значительную толщину и экономически нецелесообразно сверлить глубокое отверстие и ставить болт большой длины.

Шпилька представляет собой стержень, имеющий резьбу на обоих концах, конец шпильки длиной  $b_1$  называют ввинчиваемым резьбовым концом, прил. 3.

Шпильчное соединение включает шпильку, гайку с шайбой и скрепляемые детали, рис. 2.2. Одна из деталей имеет резьбовое отверстие, в которое ввинчивается резьбовой конец шпильки  $b_1$ , а остальные скрепляемые детали имеют сквозные отверстия для прохода шпильки.

Длиной шпильки  $L$  называют длину стержня без учета длины ввинчиваемого резьбового конца  $b_1$ .

Длина  $b_1$  ввинчиваемого конца шпильки зависит от материала детали, в которую он ввинчивается, и указана в табл. 2.2. Шпилька ввинчивается в резьбовое отверстие детали на всю длину резьбы  $b_1$ .



Таблица 2.2

Размеры длины ввинчивания шпильки

ГОСТ	Класс точности	Материал деталей, в резьбовые отверстия которых ввинчивается шпилька	Длина ввинчиваемого конца
ГОСТ 22032–76	В	Сталь, бронза, латунь	$b_1 = d$
ГОСТ 22034–76	В	Ковкий и серый чугун	$b_1 = 1,25 d$
ГОСТ 22036–76	В		$b_1 = 1,6 d$
ГОСТ 22038–76	В	Легкие сплавы	$b_1 = 2 d$
ГОСТ 22040–76	В		$b_1 = 2,5 d$

Резьбовое отверстие для ввинчивания шпильки изображено на рис. 2.3.

Размеры резьбового отверстия:

$$l_1 = b_1 + 4P,$$

$$l_2 = b_1 + 6P,$$

$$c = 0,15d,$$

где  $b_1$  — длина ввинчиваемого конца шпильки (см. табл. 2.2);  $P$  — шаг резьбы;  $c$  — фаска.

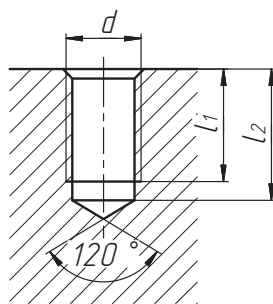


Рис. 2.3. Резьбовое отверстие

Необходимая для соединения деталей длина шпильки предварительно рассчитывается, затем выбирается ближайшее стандартное значение. Пример расчета шпильечного соединения приведен в прил. 1.

### 2.1.3. Винтовое соединение

Винтовое соединение (см. рис. 2.2) представляет собой соединение двух или нескольких деталей, выполненное при помощи винта. Винт, как и болт, — это стержень с головкой на одном конце и с резьбой на втором конце. Резьбовой конец винта завинчивается в нарезанное отверстие одной из соединяемых деталей. По форме головки винты подразделяются на винты с головками под отвертку и на винты с головками под ключ.

В зависимости от назначения винты разделяют на крепежные (соединительные) и установочные.

Конструкция и размеры винтов регламентированы соответствующими стандартами, которые приведены в прил. 4–8.

*Крепежный винт* состоит из стержня с резьбой и головки, прил. 8. Резьба может быть по всей длине или только на конце стержня.

Для соединения деталей винт проходит через сквозное отверстие одной из деталей, а резьбовой частью ввертывается в глухое резьбовое отверстие другой детали на длину, зависящую от материала этой детали, табл. 2.3.

Таблица 2.3

Глубина завинчивания винта

Материал деталей, в резьбовые отверстия которых ввинчивается винт	Глубина завинчивания винта
Сталь, бронза, латунь	$d$
Ковкий и серый чугун	$1,25 d$
	$1,6 d$
Легкие сплавы	$2 d$
	$2,5 d$

Глухое резьбовое отверстие вычерчивают так же, как и в шпилечном соединении (см. рис. 2.3).

Наибольшее распространение в машиностроении имеют крепежные винты для металла. Такие винты изготовляют с метрической резьбой с крупным или мелким шагом. Исключением являются винты диаметром от 1 до 6 мм, для которых применяют резьбы только с крупным шагом. Основными размерами для винтов служат диаметр резьбы  $d$  и длина  $L$ . У большинства крепежных винтов за величину  $L$  принимают длину их стержня без головки. Длину стержня винта определяют суммой толщин скрепляемых деталей и глубины завинчивания.

*Установочный винт* состоит из головки винта, стержня и нажимного конца. Головка может иметь или грани под ключ, или шлиц для отвертки. Нажимной конец может иметь различные формы, например, коническую, цилиндрическую и т. д. (рис. 2.4.).

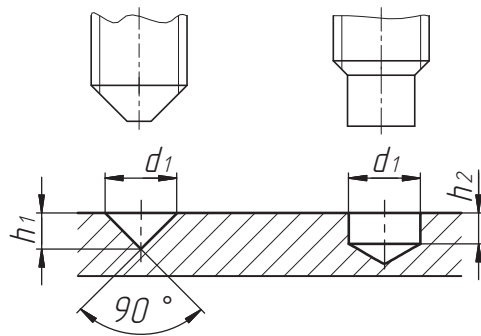


Рис. 2.4. Размеры отверстий для нажимных концов винтов

Размеры отверстий под концы установочных винтов (нажимные концы) представлены на рис. 2.4. и выбираются по ГОСТ 12415–80. В табл. 2.4. частично представлены сведения из указанного ГОСТ.

Примеры выполнения винтовых соединений с установочными винтами даны на рис. 2.5–2.8.

Таблица 2.4

Отверстия под концы установочных винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы винта, $d$	$d_1$	$h_1$	$h_2$
4,0	2,5	1,6	1,2
5,0	3,5		1,7
6,0	4,0	2,0	2,0
8,0	5,5	2,5	2,7
10,0	7,0	3,0	3,5
12,0	8,5	4,0	4,2
16,0	12,0		6,0

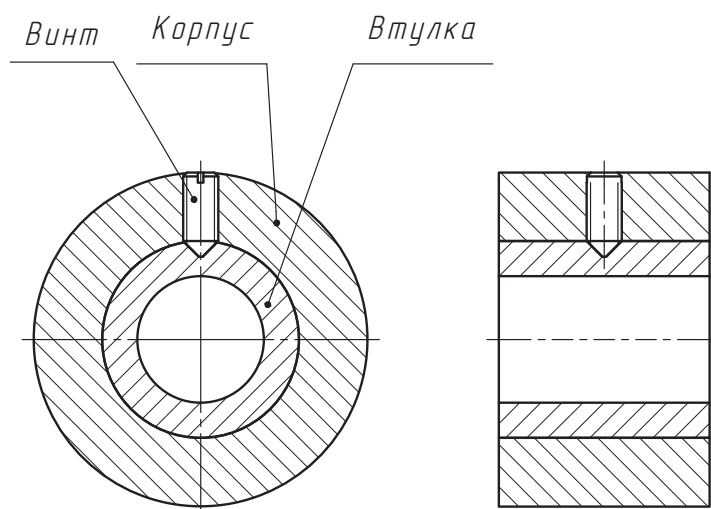


Рис. 2.5. Осевая фиксация втулки в корпусе

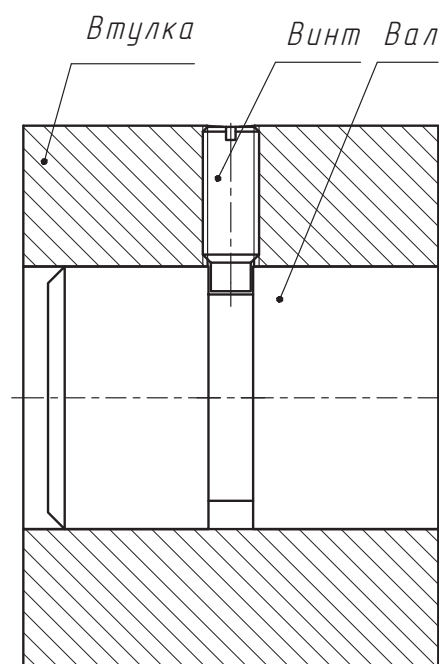


Рис. 2.6. Осевая фиксация вала

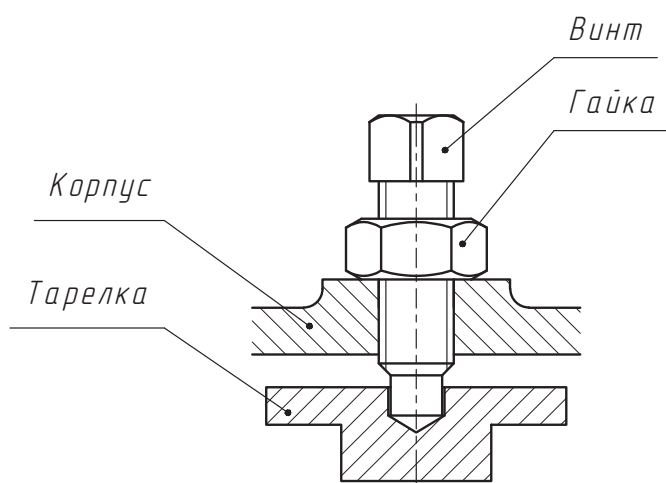


Рис. 2.7. Регулирование положения корпуса

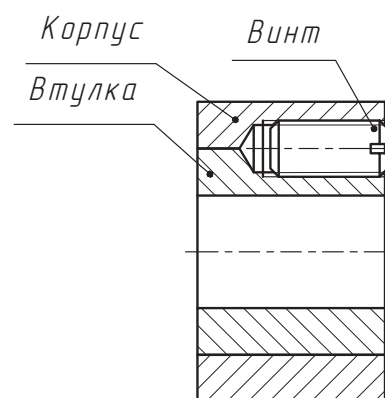


Рис. 2.8. Радиальная фиксация втулки в корпусе подшипника

Установочные винты применяются: для предотвращения осевого перемещения, рис. 2.5; для осевой фиксации, например, втулки на валу, рис. 2.6; для регулирования по высоте положения детали установочными винтами, рис. 2.7; для закрепления втулки в корпусе подшипника скольжения, рис. 2.8.

#### 2.1.4. Технические требования к болтам, винтам, шпилькам, гайкам

Схема условного обозначения болтов, винтов, шпилек и гаек выглядит следующим образом:

1 2 3 4 x 5 6 7 x 8 9 10 11 12 ГОСТ 13

Здесь 1 — наименование изделия; 2 — класс точности; 3 — исполнение; 4 — номинальный диаметр резьбы; 5 — мелкий шаг; 6 — направление резьбы; 7 — поле допуска резьбы; 8 — длина изделия (кроме гаек); 9 — класс прочности (табл. 2.5); 10 — марка применяемой стали; 11 — марка материала для изделий классов прочности 05; 8; 8.8 и выше; 12 — вид и суммарная толщина покрытия; 13 — номер стандарта на продукцию.

Таблица 2.5

Классы прочности гаек

Класс прочности гайки	Сопрягаемые болты	
	Класс прочности	Диаметр резьбы
4	3,6; 4,6; 4,8	> M16
5	3,6; 4,6; 4,8	≤ M16
	5,6; 5,8	≤ M48
6	6,8	≤ M48
8	8,8	≤ M48
9	8,8	> M16 ≤ M48
	9,8	≤ M16

Между позициями 1 и 2, 9 и 10 оставляют промежутки, равные ширине прописной буквы данного размера шрифта. Между позициями 2 и 3 ставят точку. При указании класса прочности в обозначении резьбового изделия точку между цифрами не ставят. Например, пишут 58 вместо 5.8.

В курсе «Инженерная графика» при заполнении спецификаций допускается приводить сокращенные обозначения стандартных изделий, характеризующие только форму и размеры изделий.

#### Классы прочности

ГОСТ 1759.0—87 «Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия».

Для болтов, винтов и шпилек из углеродистой и легированной стали ГОСТ 17594—87 установлены классы прочности: 3.6; 4.6; 4.8; 5.6; 5.8; 6.6; 6.8; 8.8; 10.9 и 12.9. Обозна-

чение класса прочности состоит из двух цифр: первая соответствует 1/100 номинального значения временного сопротивления разрыву в Н/мм<sup>2</sup>, вторая соответствует 1/10 отношения номинального значения предела текучести к временному сопротивлению в процентах.

Для гаек из углеродистой и легированной стали установлены следующие классы прочности: нормальных гаек — 4; 5; 6; 8; 9 (см. табл. 2.5). Класс прочности обозначен числом, которое при умножении на 100 дает значение испытательной нагрузки в Мпа.

### Покрытия

Крепежные изделия поставляют без покрытия или используют покрытия по ГОСТ 9.303–84. В условных обозначениях болтов, винтов, шпилек и гаек покрытие указывают числами в соответствии с ГОСТ 1759.0–87 «Болты, винты, шпильки и гайки. Технические условия». Покрытия применяют для обеспечения коррозионной стойкости резьбовых изделий и придания им товарного вида, табл. 2.6.

Таблица 2.6

Обозначения покрытий

Покрытия	Обозначение покрытия	
	По ГОСТ 306–85	Цифровое
Цинковое, хромированное	Ц. хр	01
Кадмиевое, хромированное	Кд. хр	02
Многослойное: медь-никель	М. Н	03
Многослойное: медь-никель-хром	М. Н. Х.	04
Окисное, пропитанное маслом	Хим. Окис. Прм.	05
Фосфатное, пропитанное маслом	Хим. Фос. Прм.	06
Оловянное	О	07
Медное	М	08
Цинковое	Ц	09
Окисное, наполненное хроматами	Ан. Окс. нхр	10
Окисное из кислых растворов	Хим. Пас.	11
Серебряное	Ср	12

### Классы точности

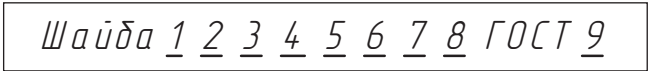
ГОСТ Р ИСО 4759–1–2009 «Изделия крепежные. Допуски. Часть 1. Болты, винты, шпильки и гайки. Классы точности А, В и С».

Болты, винты, шпильки и гайки выпускаются грубой точности (класс С), нормальной точности (класс В) и повышенной точности (класс А) без покрытий или с покрытиями. Указанные детали изготавливают в нескольких исполнениях, характеризующихся присутствием тех или иных конструктивных элементов.

Класс В и исполнение 1 в обозначениях болтов, винтов, шпилек и гаек не указывают.

### 2.1.5. Технические требования к шайбам

Схема условного обозначения шайбы выглядит следующим образом:



Здесь 1 — исполнение; 2 — класс точности; 3 — диаметр резьбы крепежной детали; 4 — толщина (указывается для шайб с толщиной, не предусмотренной в стандарте); 5 — условное обозначение марки (группы) материала, табл. 2.7; 6 — марка материала (указывается для групп 01; 02; 11; 32 и для материала, не предусмотренного в стандарте); 7 — условное обозначение вида покрытия (отсутствие покрытия не указывается); 8 — толщина покрытия; 9 — обозначение стандарта для конкретного вида шайбы.

Таблица 2.7

ГОСТ 18123–82 «Шайбы. Общие технические условия.  
Обозначение группы материала шайбы»

Материал шайбы			
Вид	Марка	Обозначение стандарта	Условное обозначение материала (группы)
Углеродистые стали	08; 08 кп; 10; 10 кп	ГОСТ 1050–2013	01
	Ст3; Ст3 кп	ГОСТ 380–2005	02
	15	ГОСТ 1050–2013	03
	20		04
	35		05

### 2.2. Соединения штифтами

Конструкции и размеры штифтов приведены в прил. 13, 14.

На рис. 2.9 приведен пример использования штифтового соединения для фиксации взаимного положения корпуса и крышки при сборке.

При изготовлении требуется совместное сверление и развертывание отверстий в обеих деталях.

### 2.3. Шпоночные соединения

Шпоночные соединения относятся к разъемным соединениям.

Шпоночное соединение используется для передачи вращающегося момента от одной детали (вала) к другой (втулке, муфте или зубчатому колесу), рис. 2.10.

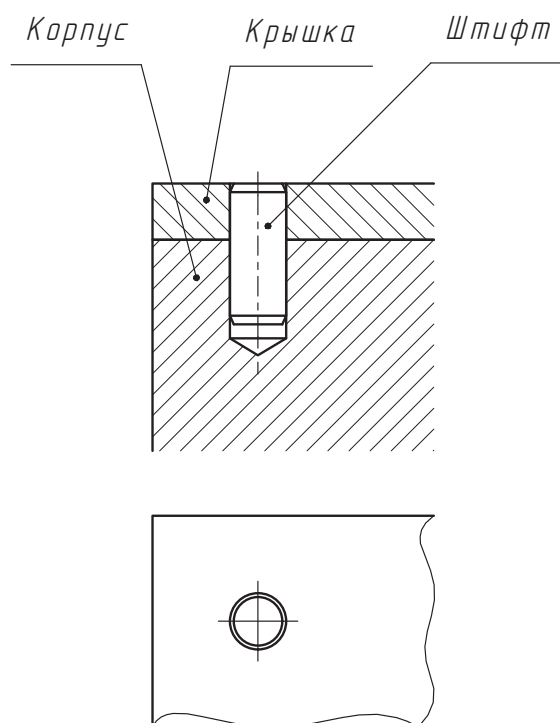


Рис. 2.9. Фиксация взаимного положения деталей с помощью штифта

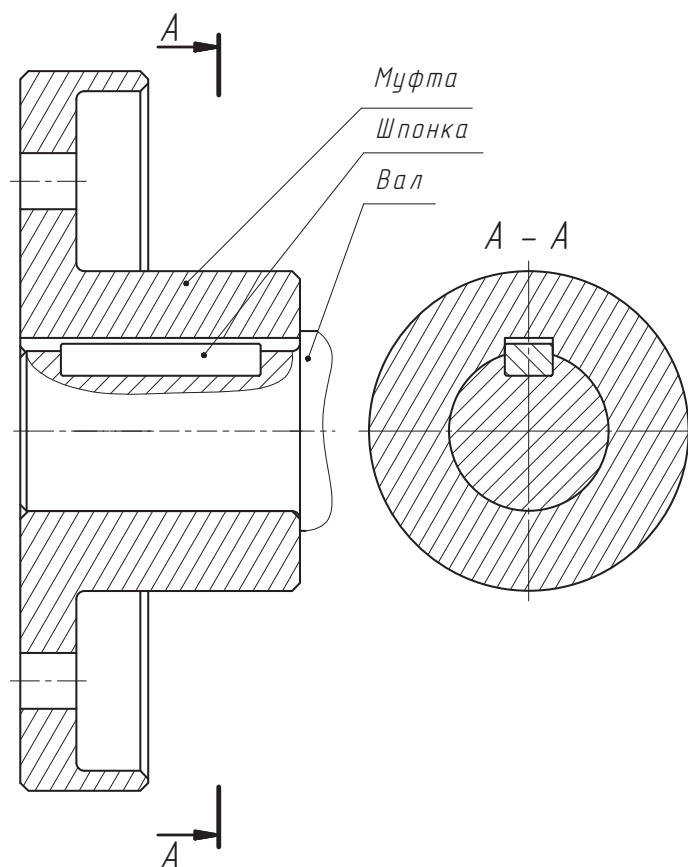


Рис. 2.10. Шпоночное соединение муфты с валом

Размеры пазов и шпонок зависят от диаметра вала и определяются по ГОСТ 23360–78 (см. прил. 12). Длину шпонки выбирают из следующего ряда длин: 6, 8, 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 45, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200... Она должна соответствовать ширине ступицы втулки (муфты, колеса).

## 2.4. Сварные соединения

Сварные соединения относят к неразъемным соединениям, т. е. соединениям, которые невозможно разобрать, не повредив поверхность входящих в них деталей.

Неразъемными также считаются клепаные, паяные, клееные соединения.

*Сваркой* называется процесс неразъемного соединения деталей путем местного нагревания их до расплавленного или пластичного состояния без применения или с применением механического усилия.

Простота и относительная дешевизна определили широкое распространение сварки.

Независимо от способа сварки швы сварных соединений условно изображаются на чертеже в соответствии с ГОСТ 2.312–72 ЕСКД, рис. 2.11:

- видимый шов изображают сплошной основной линией, толщиной  $s$ ;
- невидимый шов — штриховой линией, толщиной  $0,5s$ .

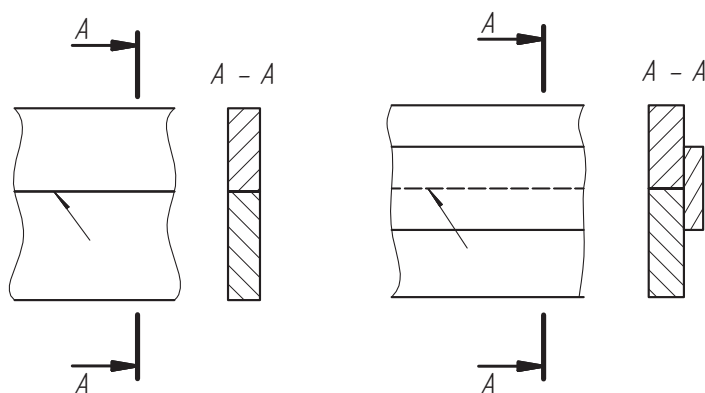


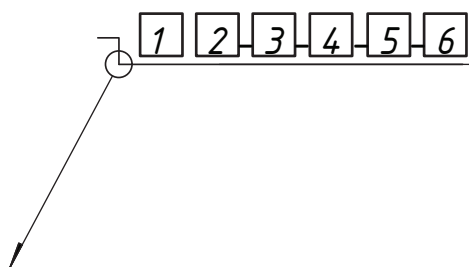
Рис. 2.11. Условное изображение сварного шва

За лицевую (видимую) сторону одностороннего шва сварного соединения принимают сторону, с которой производят сварку.

За лицевую сторону двустороннего шва сварного соединения с несимметрично подготовленными кромками принимают сторону, с которой производят сварку основного шва. При симметрично подготовленных кромках за лицевую сторону может быть принята любая.

*Схема условного обозначения сварного шва* выглядит следующим образом:





здесь 1 — обозначение государственного стандарта на способ сварки (см. табл. 2.8); 2 — буквенно-цифровое условное обозначение сварного шва на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений (см. табл. 2.9); 3 — условное обозначение способа сварки по стандарту (в обозначении допускается не указывать), табл. 2.10; 4 — знак и размер катета согласно стандарту на типы и конструктивные элементы швов сварных соединений, табл. 2.11; 5 — параметры прерывистого шва: размер длины провариваемого участка, знак/или **Z** и размер шага; 6 — дополнительные вспомогательные знаки, табл. 2.12.

Таблица 2.8

#### Основные стандарты на сварные соединения

Обозначение стандарта	Способ сварки
ГОСТ 5264–80	ручная дуговая
ГОСТ 14771–76	ручная дуговая в защитных газах
ГОСТ 8713–79	автоматическая под флюсом
ГОСТ 14806–80	дуговая для алюминия и его сплавов
ГОСТ 15164–78	электрошлаковая

Таблица 2.9

#### Основные типы, конструктивные элементы и размеры сварных швов

Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения	Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
Стыковое	без скоса кромок	односторонний		1–4	C2
	со скосом одной кромки	односторонний		3–60	C8
Угловое	без скоса кромок	односторонний		1–30	У4

Окончание табл. 2.9

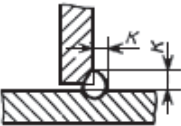
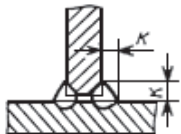
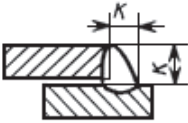
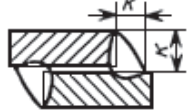
Тип соединений	Форма подготовленных кромок	Характер сварного шва	Форма поперечного сечения	Толщина свариваемых деталей, мм	Условное обозначение соединения
Тавровое	без скоса кромок	односторонний		2–40	T1
	без скоса кромок	двусторонний		2–40	T3
Нахлесточное	без скоса кромок	односторонний		2–60	H1
	без скоса кромок	двусторонний		2–60	H2

Таблица 2.10

## Условное обозначение способа сварки по стандарту

Способ сварки	Обозначение
в инертных газах неплавящимся электродом без присадочного материала	ИН
в инертных газах и их смесях с углекислым газом и кислородом плавящимся электродом	ИП
автоматическая плавящимся электродом	АИП
ручная неплавящимся электродом с присадочным металлом	РИНп



Таблица 2.11

## Размер катета углового шва







Минимальный катет углового шва для толщины более толстого из свариваемых элементов, мм					
От 3 до 4	Св. 4 до 5	Св. 5 до 10	Св. 10 до 16	Св. 16 до 22	Св. 22 до 32
3	4	5	6	7	8

Таблица 2.12

## Вспомогательные знаки обозначения сварных швов

Знак	Значение вспомогательного знака
	усиление шва снять
	наплывы и неровности шва обрабатывать с плавным переходом к основному металлу

Окончание табл. 2.12

Знак	Значение вспомогательного знака
	катет шва
	швы выполнять при монтаже изделия
	швы прерывистый или точечный с цепным расположением, угол наклона линии — 60°
	швы прерывистый или точечный с шахматным расположением
	швы по замкнутой линии
	швы по не замкнутой линии; знак применяют, если расположение шва ясно из чертежа

Пример условного обозначения сварного шва, рис. 2.12.

Шов таврового соединения без скоса кромок, двусторонний, выполнен ручной дуговой сваркой при монтаже изделия, катет шва 8 мм, прерывистый с шахматным расположением, длина провариваемого участка 50 мм, шаг 100 мм, наплывы и неровности шва обработать с плавным переходом к основному металлу, шероховатость  $Ra$  12,5 мкм:

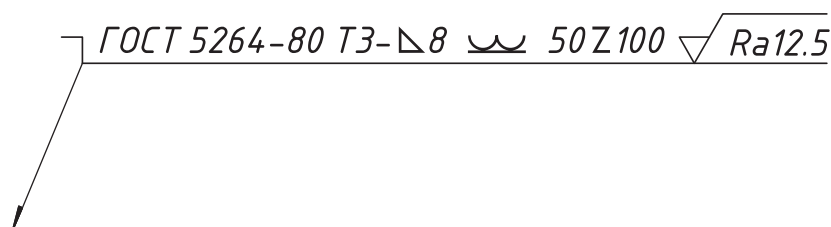


Рис. 2.12. Пример условного обозначения сварного шва

### Обозначение однотипных швов

Если на чертеже выполняется несколько одинаковых швов, то условное обозначение наносят только на один из швов, а над выноской указывают количество однотипных швов и порядковый номер шва. На полках обозначений остальных швов указывается только порядковый номер шва, рис. 2.13.

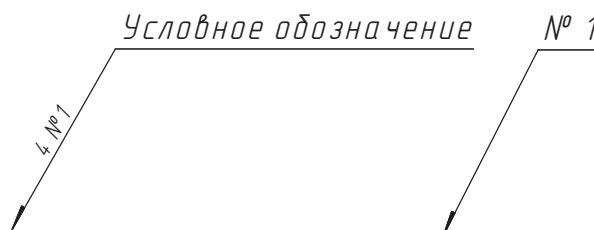


Рис. 2.13. Обозначения однотипных сварных швов

## 3. Разработка рабочей документации

---

На основании ранее изученных материалов рассмотрим оформление конструкторской документации на стадии рабочего проектирования: сборочного чертежа изделия, рабочих (сборочных) чертежей промежуточных сборочных единиц и их спецификаций, чертежей деталей.

### 3.1. Спецификация

---

*Спецификация* — основной конструкторский документ на сборочную единицу, который определяет состав сборочного изделия, а также содержит все конструкторские документы, необходимые для его изготовления.

Спецификация — документ табличного вида, выполняется на листах формата А4 по ГОСТ 2.106—2008 на формах 1 и 1а (см. прил. 1).

Спецификация составляется на каждое сборочное изделие, заполняется по разделам, которые располагают в следующей последовательности: документация, сборочные единицы, детали, стандартные изделия, материалы.

#### **Документация**

В этот раздел вносят документы, составляющие основной комплект конструкторских документов изделия, например, «Сборочный чертеж», «Схема электрическая принципиальная», «Технические условия».

#### **Сборочные единицы**

В раздел вносят сборочные единицы, непосредственно входящие в специфицируемое изделие.

#### **Детали**

В раздел записывают все нестандартные детали, входящие в состав специфицируемого сборочного изделия, запись деталей производят в порядке возрастания цифр, входящих в обозначение основного документа.

### Стандартные изделия

Вносят изделия, примененные по государственным и отраслевым стандартам, стандартам предприятий. В пределах каждой категории детали объединяются в группы по их функциональному назначению (крепежные изделия, электротехнические изделия, подшипники, крышки); в пределах каждой группы — в алфавитном порядке наименований изделия (например, болт, гайка, шайба, шпилька); в пределах каждого наименования — в порядке возрастания основных параметров изделия.

### Материалы

В этот раздел вносят все материалы, входящие в специфицируемое изделие как отдельные составляющие части этого изделия, например, шнур льняной.

### Заполнение граф спецификации

В графе «*Формат*» указывают форматы документов, обозначения которых заносят в графу «*Обозначение*». Графу не заполняют для разделов «Стандартные изделия» и «Материалы». Для деталей, на которые не выполнены чертежи, в графе пишут БЧ.

В графе «*Поз.*» указывают порядковые номера составных частей изделия, начиная с раздела «Сборочные единицы», в соответствии с последовательностью записи изделий в спецификацию.

В графе «*Наименование*» указывают: для документов — только их наименование; для сборочных единиц и деталей — их наименование в соответствии с основной надписью на чертежах этих изделий. Для деталей, на которые не выпущены чертежи, указывают их наименование, а также размеры, необходимые для их изготовления, а материал изделия вносят в графу «*Примечание*». Для стандартных изделий и материалов — наименование и условное обозначение в соответствии со стандартом или техническими условиями.

В графе «*Кол.*» записывают количество указанных изделий, а для материалов — количество материала на одно изделие с указанием единицы измерения.

В графе «*Примечание*» указывают дополнительные сведения, относящиеся к документам, изделиям, материалам, внесенным в спецификацию.

## 3.2. Сборочный чертеж изделия

### 3.2.1. Общие требования к сборочному чертежу

*Сборочный чертеж* — документ, содержащий изображение сборочной единицы и другие данные, необходимые для сборки (изготовления) и контроля.

Согласно ГОСТ 2.109–73, сборочный чертеж должен содержать:

- изображение сборочной единицы, дающее представление о расположении и взаимной связи составных частей изделия и обеспечивающее возможность осуществления сборки и контроля сборочной единицы;

- размеры, параметры и требования, которые должны быть выполнены или контролированы по данному сборочному чертежу;
- указания о способе выполнения неразъемных соединений (сварных, паяных и др.);
- номера позиций составных частей изделия в соответствии со спецификацией;
- технические требования;
- габаритные, установочные, присоединительные и другие необходимые справочные размеры изделия.

### 3.2.2. Нанесение размеров на сборочном чертеже

На сборочном чертеже проставляют следующие размеры: габаритные, установочные, присоединительные.

*Габаритные размеры* определяют предельные внешние очертания изделия, например, размеры 300; диаметры 180; 205 на сборочном чертеже изделия, прил. 1.

*Установочные размеры* — размеры, по которым данное изделие устанавливают на месте монтажа, например, размер 130 на сборочном чертеже изделия, прил. 1.

*Присоединительные размеры*, в соответствии с которыми изделие присоединяется к другим изделиям, например, диаметр 100 на сборочном чертеже изделия, прил. 1.

Все размеры, проставляемые на сборочном чертеже, можно разделить на *исполнительные* и *справочные*.

*Исполнительные размеры* — размеры, которые должны быть выполнены или контролированы по данному сборочному чертежу. Например, если отверстия под болты, винты, штифты выполняют в процессе сборки, то размеры отверстий и их расположение указывают на сборочном чертеже как исполнительные размеры.

*Справочные размеры* — размеры, не подлежащие выполнению по данному чертежу и указываемые для большего удобства пользования чертежом, на чертеже их отмечают знаком \*, ГОСТ 2.307–68.

К *справочным* размерам относят:

- один из размеров замкнутой размерной цепи;
- размеры, перенесенные с чертежей изделий-заготовок;
- размеры на сборочном чертеже, по которым определяют предельные положения отдельных элементов конструкции, например, ход поршня, ход штока клапана двигателя внутреннего сгорания и т. п.;
- размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей и используемые в качестве установочных и присоединительных;
- габаритные размеры на сборочном чертеже, перенесенные с чертежей деталей или являющиеся суммой размеров нескольких деталей;
- размеры деталей (элементов) из сортового, фасонного, листового и другого проката, если они полностью определяются обозначением материала, приведенного в основной надписи.

Над основной надписью делают запись — *\*Размеры для справок*.

### 3.2.3. Указание позиций

Номера позиций наносят на полках линий-выносок, проводимых от изображения составных частей, как правило, на основных видах и заменяющих их разрезах. Линии-выноски не должны пересекаться. Номера позиций располагают параллельно основной надписи чертежа вне контура изображения и группируют по горизонтали или вертикали на одном уровне. Номера позиций проставляются, как правило, один раз, размер шрифта должен быть на один-два номера больше шрифта, принятого для размерных чисел. Допускается делать общую линию-выноску с вертикальным расположением позиций для группы деталей, относящихся к одному месту крепления.

## 3.3. Сборочный чертеж сварного изделия

Детали, входящие в сварную сборочную единицу, будут изготовлены каждая по своему чертежу, после чего поступят на сборку и будут сварены согласно выполненному сборочному чертежу корпуса. Учитывая неизбежную термическую деформацию, части поверхностей после сварки могут подвергаться последующей механической обработке, которая выполняется по сборочному чертежу сварного изделия. Присоединительные поверхности фланцев, а также отверстий для крепежных деталей будут дополнительно обработаны, и поэтому требования к шероховатости этих поверхностей указаны на чертеже. Преобладающая шероховатость поверхностей деталей, которые не обрабатываются по данному сборочному чертежу, выносится в правый верхний угол чертежа (см. прил. 1).

## 3.4. Чертежи деталей

### 3.4.1. Требования к рабочему чертежу детали

Согласно ГОСТ 2.109–73 на все нестандартные детали, входящие в изделие, необходимо выполнить рабочие чертежи, которые нужны для того, чтобы изготовить эти изделия.

Формат чертежа и масштаб изображений выбирается студентом самостоятельно в зависимости от сложности изделия и необходимого количества изображений. Размеры и оформление форматов должны соответствовать ГОСТ 2.104–2006.

Рабочий чертеж детали — документ, содержащий изображение детали и другие данные, необходимые для ее изготовления и контроля (размеры, шероховатость поверхностей, технические требования, материал).

## Изображения

Главное изображение выбирается таким, чтобы оно давало наиболее полное представление о форме детали. Главное изображение детали не всегда соответствует ее изображению на сборочном чертеже, а выбирается в соответствии с технологией ее изготовления.

Количество изображений на чертеже (видов, разрезов, сечений) должно быть наименьшим, но обеспечивающим полное представление о детали.

## Размеры

Размерные числа элементов детали измеряют по чертежу общего вида изделия и высчитывают действительный размер с учетом масштаба чертежа.

На чертеже детали должно быть задано минимальное количество размеров, но достаточное для изготовления и контроля детали.

Каждый размер следует приводить только один раз.

Размеры, относящиеся к одному конструктивному элементу, следует группировать в одном месте.

Сопряженные размеры, определяющие форму сопрягаемых и прилегающих поверхностей, должны быть согласованы друг с другом.

Числовые значения размеров должны соответствовать нормальным линейным размерам по ГОСТ 6636–69 «Основы взаимозаменяемости. Нормальные линейные размеры», нормальным угловым размерам по ГОСТ 8908–81 «Основы взаимозаменяемости. Нормальные угловые размеры и допуски углов» и рядам предпочтительных чисел по ГОСТ 8032–84 «Предпочтительные числа и ряды предпочтительных чисел». Это позволяет унифицировать режущий и измерительный инструменты.

Основные ряды предпочтительных чисел приведены в табл. 3.1–3.3.

Таблица 3.1

**Номинальные линейные размеры, мм**

Ряд	Номинальные линейные размеры
1	1,0; 1,6; 2,5; 4,0; 6,3; 10; 16; 25; 40; 63; 100; 160; 250; 400; 630
2	1,2; 2,0; 3,2; 5,0; 8,0; 12; 20; 32; 50; 80; 125; 200; 320; 500
3	1,1; 1,4; 1,8; 2,2; 2,8; 3,6; 4,5; 5,6; 7,1; 9,0; 11; 14; 18; 22; 28; 35; 45; 56; 71; 90; 110; 140; 180; 220; 280; 360; 450; 560
4	1,05; 1,15; 1,3; 1,5; 1,7; 1,9; 2,1; 2,4; 2,6; 3,0; 3,4; 3,8; 4,2; 4,8; 5,3; 6,0; 6,7; 7,5; 8,5; 9,5; 10,5; 11,5; 13; 15; 17; 19; 21; 24; 26; 30; 34; 38; 42; 48; 53; 60; 67; 75; 85; 95; 105; 120; 130; 150; 170; 190; 210; 240; 260; 300; 340; 380; 420; 480; 530; 600

Таблица 3.2

**Нормальные угловые размеры, град**

Ряд	Нормальные угловые размеры
1	0; 5; 10; 20; 30; 45; 60; 90; 120
2	1; 2; 3; 4; 6; 7; 8; 10; 40; 75
3	9; 12; 18; 22; 25; 35; 50; 55; 65; 70; 80; 85; 100; 110; 135; 150; 165; 180; 270; 360



Таблица 3.3

**Нормальные диаметры**

Диаметры номинальные, мм
1; 2; 3; 4; 5; 6; 7; 8; 9; 10; 12; 15; 18; 20; 22; 25; 28; 30; 32; 35; 38; 40; 42; 45; 48; 50; 52; 55; 58; 60; 62; 65; 68; 70; 72; 75; 80; 82; 85; 88; 90; 92; 95; 98; 100; 105; 110; 115; 120; 125; 130; 135; 140; 145; 150; 155; 160; 165; 170; 175; 180; 185; 190; 195; 200

**Шероховатость поверхностей**

Шероховатость поверхности обозначается в соответствии с ГОСТ ЕСКД 2.309–73 «Обозначение шероховатости поверхностей», табл. 3.4.

Таблица 3.4

**Обозначение шероховатости поверхностей**

Знак	Примечание
✓	Поверхность, способ обработки которой конструктором не устанавливается
✓	Шероховатость поверхности, которая должна быть образована только удалением слоя материала (точением, фрезерованием, шлифованием и т. д.)
✓	Шероховатость поверхности, которая должна быть образована без удаления слоя материала (литьем, ковкой, прокатом, волочением). Знак используется с указанием параметра шероховатости. Поверхности детали, изготовленные из сортового проката определенного профиля и размера, не подлежащие по данному чертежу дополнительной обработке. Знак используется без указания параметра шероховатости

Числовое значение параметров шероховатости выбирается в зависимости от функций, выполняемых поверхностью при работе изделия, и должно соответствовать ГОСТ 2789–73 «Шероховатость поверхности. Параметры и характеристика шероховатости», табл. 3.5.

Таблица 3.5

**Предпочтительные значения параметров шероховатости**

Поверхности	Параметры шероховатости, мкм	
	<i>Ra</i>	<i>Rz</i>
Свободные	100	400
	50	200
	25	100
	12,5	50
Присоединительные (соприкасающиеся)	12,5	50
	6,3	25
	3,2	12,5
Рабочие	1,6	6,3
	0,8	3,2
	0,4	1,6
	0,2	0,8
Параметр <i>Ra</i> является предпочтительным		

### **Технические требования**

Технические требования указываются над основной надписью, и если требований больше одного, то их нумеруют.

### **Материал**

Материал детали записывается в основной надписи согласно принятым соответствующими стандартами марками материала.

### **Наименование изделия**

Записывается в основной надписи в именительном падеже единственного числа, в наименовании, состоящем из нескольких слов, на первом месте помещают имя существительное.

Перед выполнением чертежа следует выяснить все функции детали, найти ее на всех изображениях сборочного чертежа изделия, тем самым представить форму и определить способ изготовления детали.

В зависимости от формы и способов изготовления различают:

- 1) детали, полученные механической обработкой (токарной, фрезерной, сверлением, шлифованием), т. е. путем удаления слоя материала;
- 2) литые детали;
- 3) детали, полученные холодной и горячей штамповкой.

### **3.4.2. Особенности чертежа литой детали**

Литые детали получили свое название от способа изготовления — заливки расплавленного металла в заранее подготовленную форму. После остывания и затвердения металла получают готовую заготовку, которая подвергается частичной механической обработке на металлорежущих станках.

Методом литья получают детали сложной конфигурации.

Наиболее распространенный способ — литье в песчаные формы.

Литейная форма изготавливается разъемной, из двух полуформ, состоящих из песчано-глинистой смеси.

Поверхности литых деталей выполняют с литейными уклонами, необходимыми для облегчения изготовления формы. На чертежах эти уклоны не изображают, а задают в технических требованиях со ссылкой на соответствующий стандарт, например, ГОСТ 3212–80, рис. 3.1.

### **Конструктивные и технологические особенности**

Все литые детали имеют плавные переходы необработанных поверхностей между собой по литейным радиусам (скруглениям), приливы и бобышки.

При изображении литых деталей необходимо изображать литейные закругления, обеспечивающие прочность литых деталей и удобство в эксплуатации.

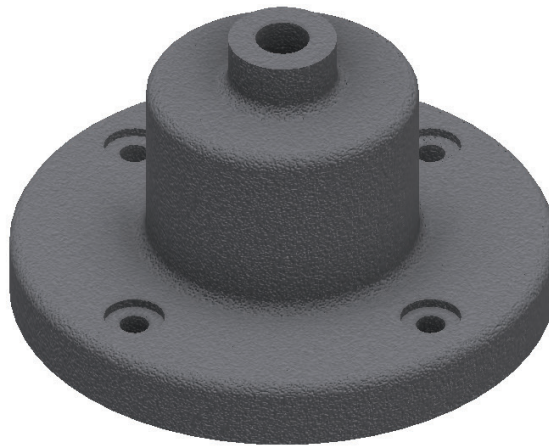


Рис. 3.1. Модель литой детали

### Особенности простановки размеров на чертеже

Детали, изготовленные отливкой, частично подвергаются последующей механической обработке некоторых поверхностей, поэтому при простановке размеров используют две системы линейных размеров, рис. 3.2: одна система определяет взаимное положение литых, необработанных поверхностей (размеры 6, 35, 40); другая система относится к обработанным поверхностям (размеры 13, 16, 57, 85).

По каждому координатному направлению один размер должен связывать механически обработанные поверхности с литыми необработанными поверхностями, например, размер 15. При простановке шероховатости для необработанных поверхностей используют знак с числовым значением шероховатости, рис. 3.2.

### 3.4.3. Чертежи механически обработанных деталей

Детали этой группы в основном представляют собой тела вращения, например, валы, втулки, штуцеры. Они обрабатываются на токарном станке чаще всего в горизонтальном положении, поэтому на главном виде ось таких деталей изображают параллельно основной надписи чертежа.

Для деталей характерны такие элементы, как фаски, лыски (плоские грани на цилиндрической поверхности), проточки (углубления, канавки, выполненные по кругу на стержне или в отверстии для выхода резца при нарезании резьбы). Из-за сравнительно небольших размеров проточки обычно отображают с помощью выносных элементов, где в более крупном масштабе можно показать их форму и задать размеры. На сборочном чертеже они могут быть не показаны или показаны упрощенно.

Размеры фасок и проточек определены стандартом ГОСТ 10549–80 «Выходы резьбы. Сбеги, недорезы, проточки и фаски», табл. 3.6, 3.7.

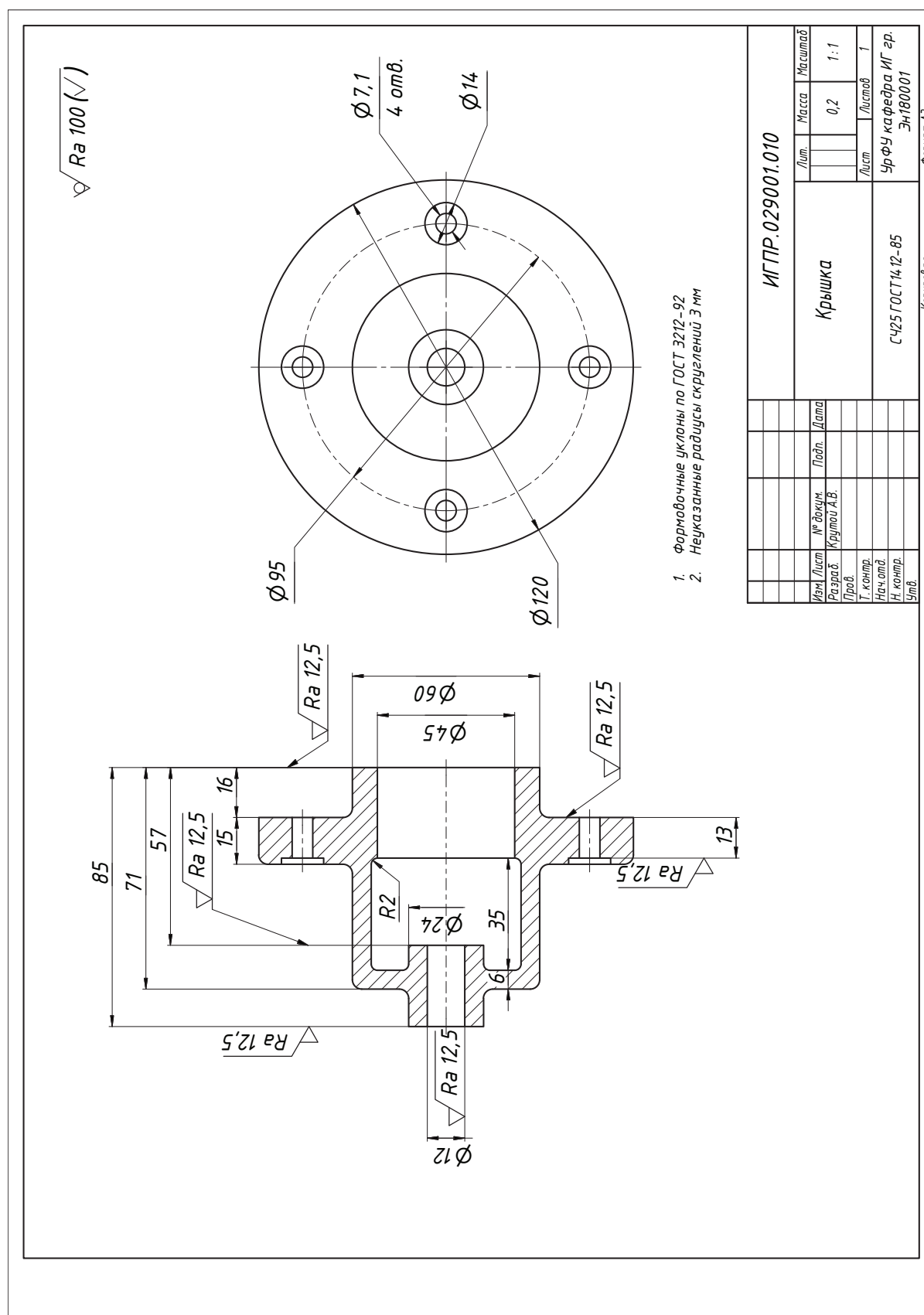


Рис. 3.2. Рабочий чертеж литой детали «Крышка»

Таблица 3.6

## Размеры проточек и фасок для наружной метрической резьбы, мм

Шаг резь- бы, $P$	Номинальный ди- аметр резьбы, $d$	Проточка						$d_f$	$C$
		Типа 1							
		нормальная			узкая				
		$f$	$R$	$RI$	$f$	$R$	$R_l$		
1,0	6	3,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	$d - 1,5$	1,0
1,25	8	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	$d - 1,8$	1,6
1,5	10	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	$d - 2,2$	
1,75	12	4,0	1,0	0,5	2,5	1,0	0,5	$d - 2,5$	
2	14 16	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	$d - 3,0$	2,0
2,5	18, 20, 22	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	$d - 3,5$	2,5
3	24 27	6,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	$d - 4,5$	
3,5	30 32	8,0	2,0	1,0	5,0	1,5	0,5	$d - 5,0$	
4	36 39	8,0	2,0	1,0	5,0	1,5	0,5	$d - 6,0$	3,0
4,5	42 45	10,0	3,0	1,0	6,0	1,5	1,0	$d - 6,5$	

Таблица 3.7

## Размеры проточек и фасок для внутренней метрической резьбы, мм

Шаг резь- бы, $P$	Номиналь- ный диаметр резьбы, $d$	Проточка						$d_f$	$C$
		Типа 1							
		нормальная			узкая				
		$f$	$R$	$R_l$	$f$	$R$	$R_l$		
1,0	6	4,0	1,0	0,5	2,0	0,5	0,3	$d + 0,5$	1,0
1,25	8	5,0	1,6	0,5	3,0	1,0	0,5	$d + 0,5$	1,6
1,5	10	6,0	1,6	1,0	3,0	1,0	0,5	$d + 0,7$	
1,75	12	7,0	1,6	1,0	4,0	1,0	0,5	$d + 0,7$	
2	14 16	8,0	2,0	1,0	4,0	1,0	0,5	$d + 1,0$	2,0
2,5	18, 20, 22	10	3,0	1,0	5,0	1,6	0,5	$d + 1,0$	2,5
3	24 27	10	3,0	1,0	6,0	1,6	1,0	$d + 1,2$	
3,5	30 32	10	3,0	1,0	7,0	1,6	1,0	$d + 1,2$	
4	36 39	12	3,0	1,0	8,0	2,0	1,0	$d + 1,5$	3,0
4,5	42 45	14	3,0	1,0	10	3,0	1,0	$d + 1,5$	

Не допускается включение ширины фасок и канавок в общую цепочку размеров. Размеры фасок и проточек должны быть заданы отдельно и входить в размер  $L$ , рис. 3.3 и 3.4.

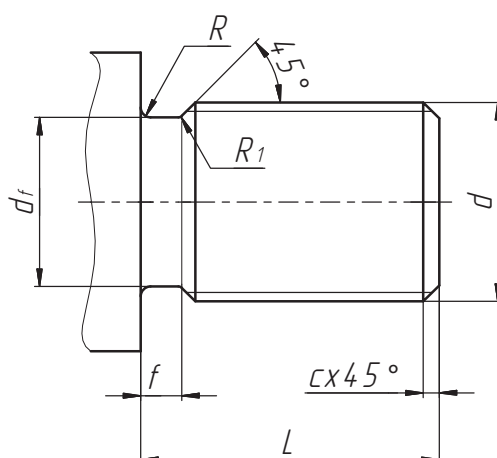


Рис. 3.3. Простановка размеров наружной проточки

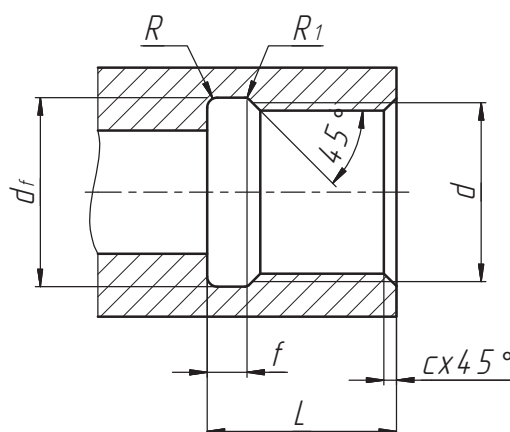


Рис. 3.4. Простановка размеров внутренней проточки

На рис. 3.5 представлен рабочий чертеж механически обработанной детали.

#### 3.4.4. Чертежи деталей, изготовленных холодной штамповкой

Методом холодной штамповки изготавливают детали самых разных конфигураций, как правило, из листового материала. Это могут быть плоские детали, детали с отогнутыми элементами, полые формованные детали, например, колпачки, крышки.

Для изготовления штампованных деталей используется сортовой материал, выпускаемый в виде листов и полос (см. прил. 15).

Детали получают в результате разделительных операций, когда деталь отрезают или вырубают из заготовки и пробивают отверстия; на чертеже выполняется одно изображение с указанием толщины материала.

Другой способ изготовления — с помощью формообразующих операций, при которых изменяют форму заготовки без ее разрушения вытяжкой, формовкой, гибкой и др.

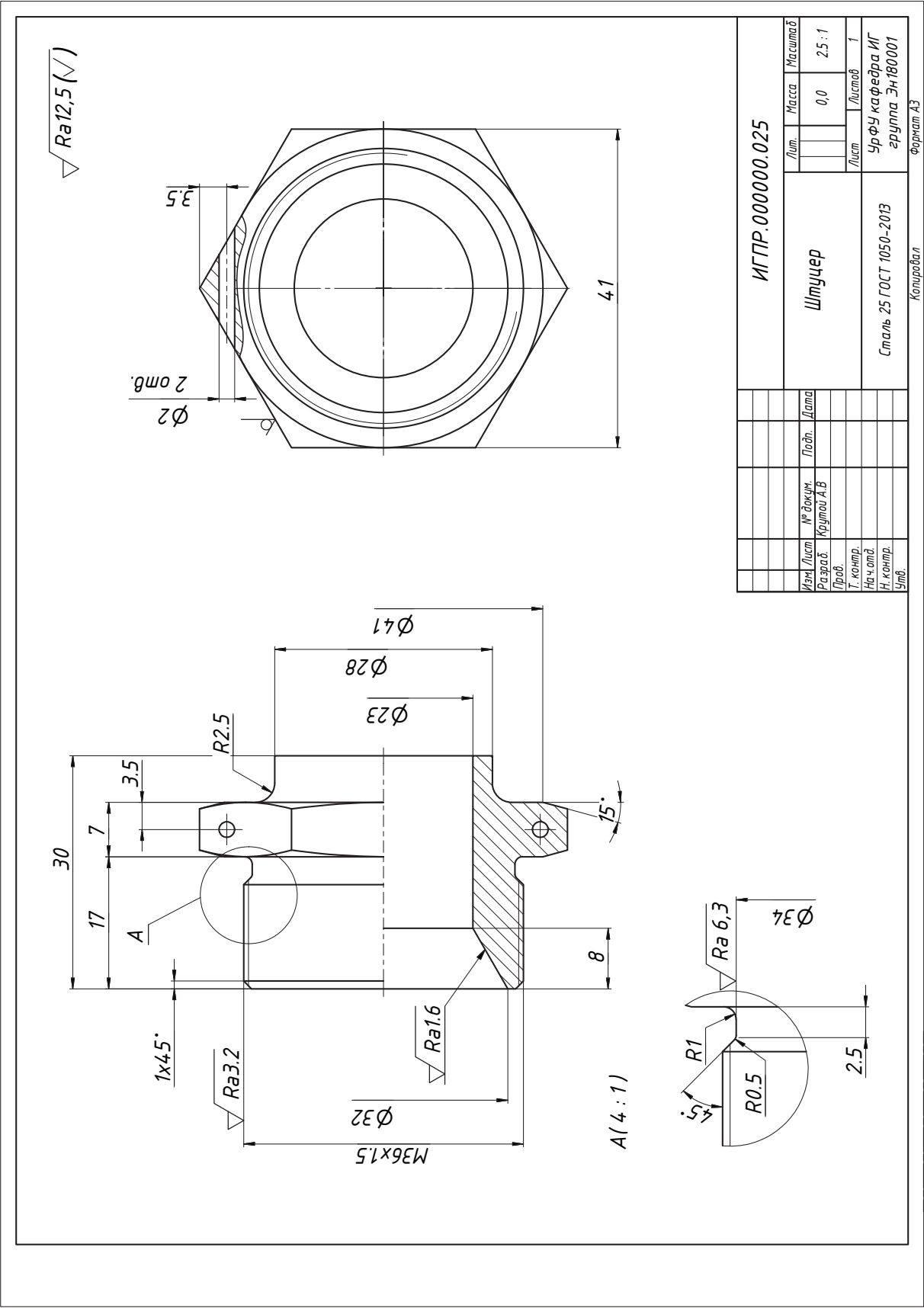


Рис. 3.5. Рабочий чертёж механически обработанной детали

На рабочих чертежах изображения формы деталей, полученных в результате формообразующих операций, имеют плавные переходы от одного элемента к другому. Наименьшие радиусы скруглений равны или больше толщины материала. Изображение таких деталей выполняют условно, принимая толщину всех ее элементов одинаковой.

Шероховатость поверхностей готового листового проката отмечают знаком *Ra*. Размер толщины листа указывают как справочный со знаком \*.

Пример чертежа штампованной детали, полученной вырубкой, представлен на рис. 3.6.

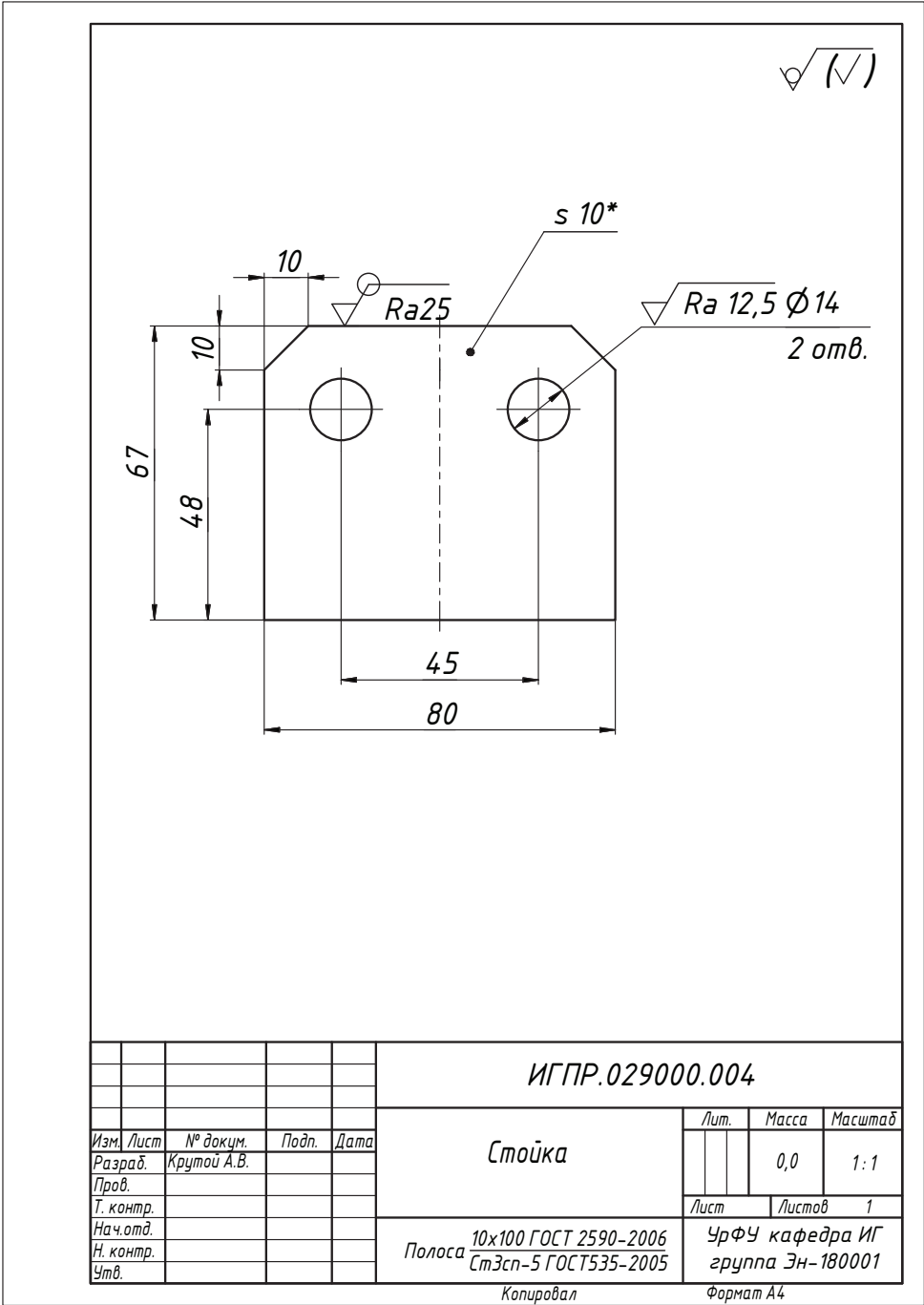


Рис. 3.6. Рабочий чертеж штампованной детали



### 3.4.5. Правила выполнения чертежа пружины

В состав сборочных изделий часто входят пружины сжатия и растяжения. Пружины — детали, служащие для накопления энергии во время действия внешней нагрузки за счет упругой деформации и использующие эту энергию для восстановления своей формы после прекращения действия этой нагрузки.

На рис. 3.7. показана пружина сжатия.



Рис. 3.7. Пружина сжатия

ГОСТ 2.401—68 устанавливает условное изображение пружин на чертежах, а также правила выполнения их рабочих чертежей.

На рабочих чертежах винтовые пружины сжатия и растяжения располагают горизонтально; изображают их с правым направлением навивки; указывают размер длины пружины, расстояние между витками (шаг) и, как справочный, диаметр по гильзе или по стержню; технические требования в строгой последовательности (см. прил. 1).

В технических требованиях на учебных чертежах пружины указывают: направление навивки, число рабочих витков  $n$ , число витков полное  $n_1$ , размеры для справок.

Сортамент материала пружины, полностью определяющий размеры поперечного сечения, указывают в графе «Материал» основной надписи чертежа.

Пример рабочего чертежа пружины сжатия приведен в прил. 1.

## 3.5. Оформление пояснительной записки

Пояснительную записку (ПЗ) оформляют в соответствии с ГОСТ 2.106—96.

ПЗ составляют на листах формата А4, основная надпись первого листа по форме 2, на всех последующих листах — по форме 2а (ГОСТ 2.104—2006). Необходимые схемы, таблицы и чертежи допускается выполнять на листах любых форматов, предусмотренных ГОСТ 2.301—68.

Пояснительная записка в общем случае должна состоять из следующих разделов: введение (с указанием, на основании каких документов разработан проект); наименование и область применения проектируемого изделия; техническая характеристика; описание и обоснование выбранной конструкции; расчеты, подтверждающие работоспособность конструкции; ожидаемые технико-экономические показатели.

Текст пояснительной записки (ГОСТ 2.105–95) разделяют на разделы и подразделы. Разделы должны иметь порядковые номера в пределах всего документа, обозначенные арабскими цифрами без точки и записанные с абзацного отступа. Разделы и подразделы должны иметь заголовки, кратко и четко отражающие содержание. Рекомендуется каждый раздел текстового документа начинать с нового листа (страницы).

В зависимости от особенностей изделия отдельные разделы допускается объединять или исключать, а также вводить новые разделы.

Полное наименование изделия на титульном листе, в основной надписи и при первом упоминании в тексте документа должно совпадать с наименованием его в основном конструкторском документе.

Расстояние от рамки до границ текста в начале и конце строк должно быть не менее 3 мм. Расстояние от верхней или нижней строки текста до верхней или нижней рамки — не менее 10 мм. Абзацы в тексте начинаются отступом 15 мм.

Пример пояснительной записки приведен в прил. 1.

# 4. Автоматизированное проектирование в системе Autodesk Inventor

---

Программа Autodesk Inventor предназначена для создания трехмерных моделей изделий и последующего выполнения их чертежей. Изменение одного или нескольких значений размерных зависимостей приводит к предсказуемым корректным изменениям модели и чертежей.

## 4.1. Запуск

---

Запуск Autodesk Inventor можно выполнить двойным щелчком по ярлыку.

По умолчанию открывается вкладка ленты «Начало работы». Вкладка «Начало работы» имеет панель «Запуск» с командами «Создать», «Открыть», «Проекты» (рис. 4.1).

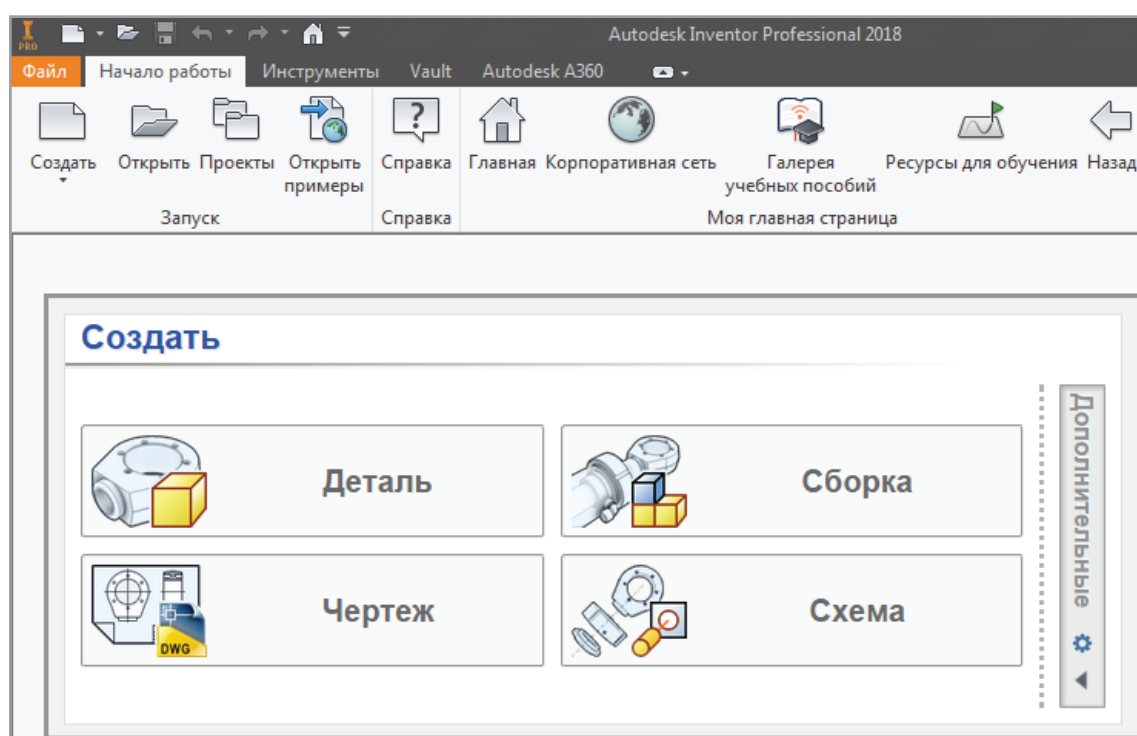


Рис. 4.1. Начало работы

## 4.2. Проекты в Autodesk Inventor

При работе в Autodesk Inventor создаются зависимости между файлами различных типов. Например, при создании трехмерной сборки появляются зависимости между сборкой и моделями ее деталей. С усложнением проекта эти зависимости становятся все более сложными. Autodesk Inventor использует *Файлы проектов*, чтобы находить требуемые файлы, когда они понадобятся.

Важно понять, что прежде чем создавать какой-либо файл в Autodesk Inventor, необходимо иметь активный проект. В каждый момент времени активным может быть только один проект.

1. Создадим новый проект командой «Проекты».

Открывается диалоговое окно «Мастер создания проектов Inventor», рис. 4.2, в котором выбираем «Новый однопользовательский проект».

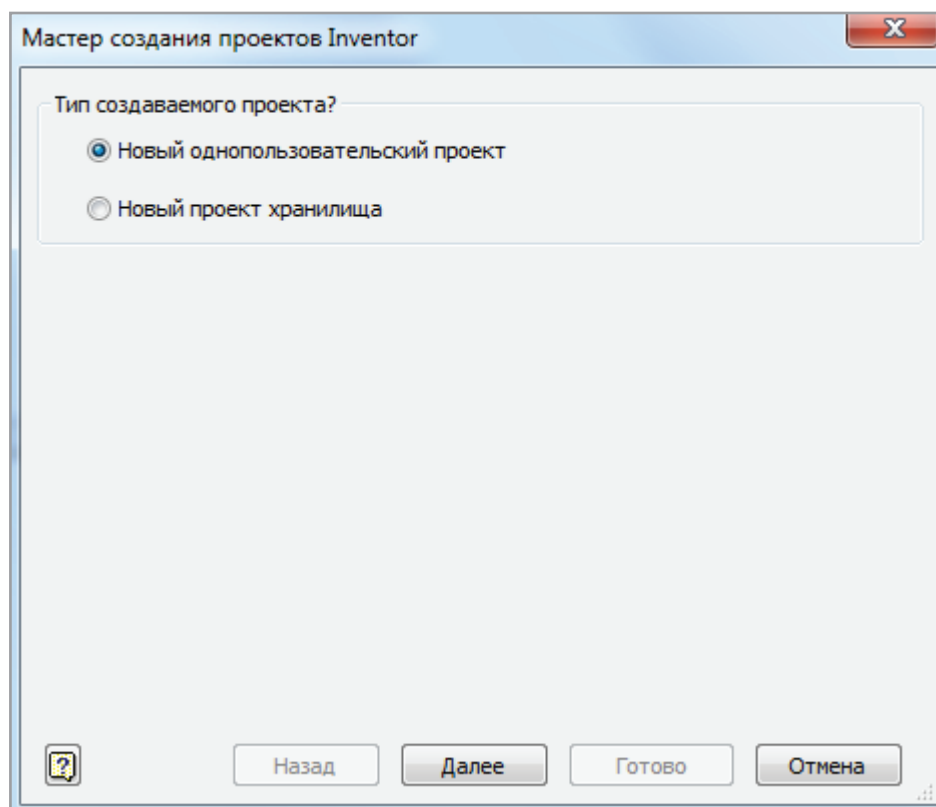


Рис. 4.2. Диалоговое окно «Мастер создания проектов Inventor»

2. Указываем имя проекта, например, *ИГПР Эн-180001 Крутой А. В.*, автоматически задаются папка проекта (рабочего пространства) и полный путь, по которому находятся все файлы проекта. При необходимости их можно изменить, рис. 4.3.

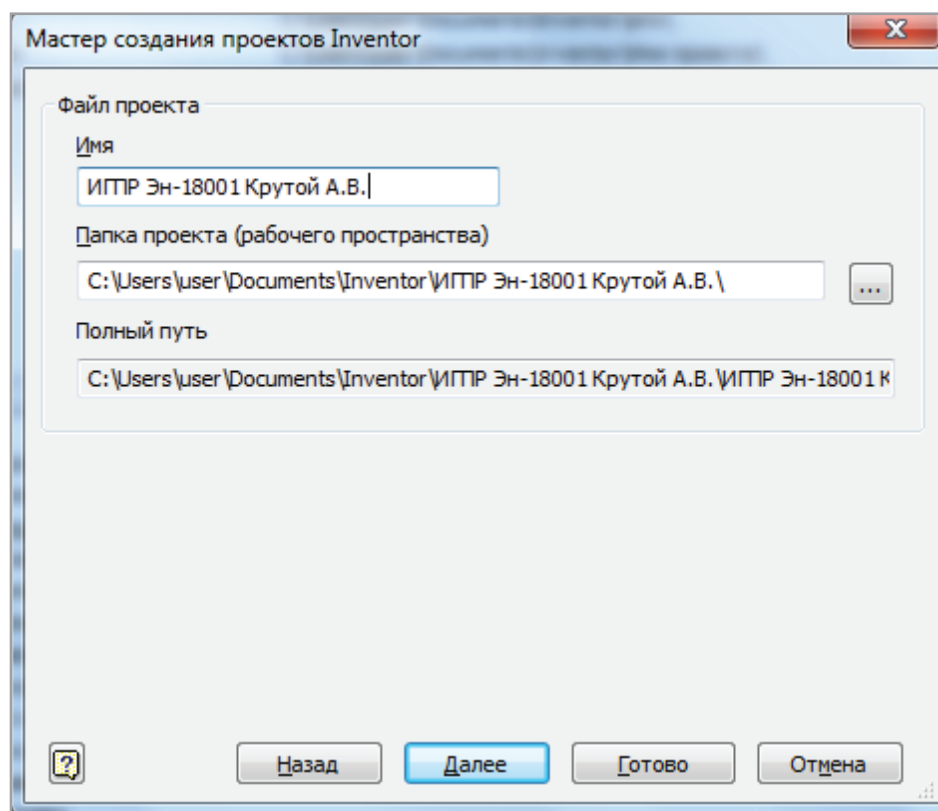


Рис. 4.3. Имя файла проекта, папка проекта

3. На вопрос *Указанный путь для проекта не существует. Создать?* Отвечаем *Да*.

Если файл «Проект» был создан ранее, то начинать работу в системе необходимо с активизации созданного проекта *ИГПР Эн-180001 Крутой А. В.* (название проекта взято для примера, см. прил. 1) двойным щелчком по строке, рис. 4.4.

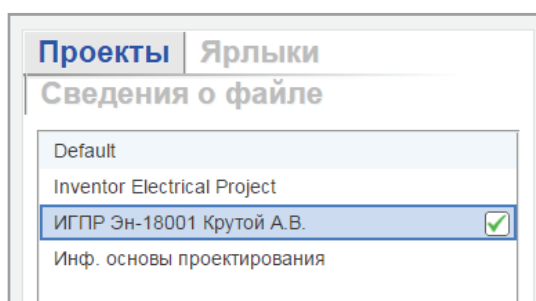


Рис. 4.4. Активный проект

### 4.3. Создание модели детали

Рассмотрим последовательность создания модели детали на примере накидной гайки, рис. 4.5.

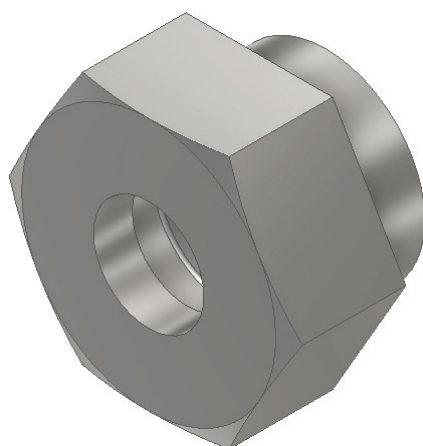


Рис. 4.5. Гайка накидная

Представляем форму наружной поверхности гайки как сочетание простейших геометрических элементов: шестигранной призмы с конической фаской и цилиндра.

### Первый геометрический элемент — шестигранник

1. Выбираем шаблон «Деталь», рис. 4.6, на ленте открывается вкладка «3D-модель», рис. 4.7.

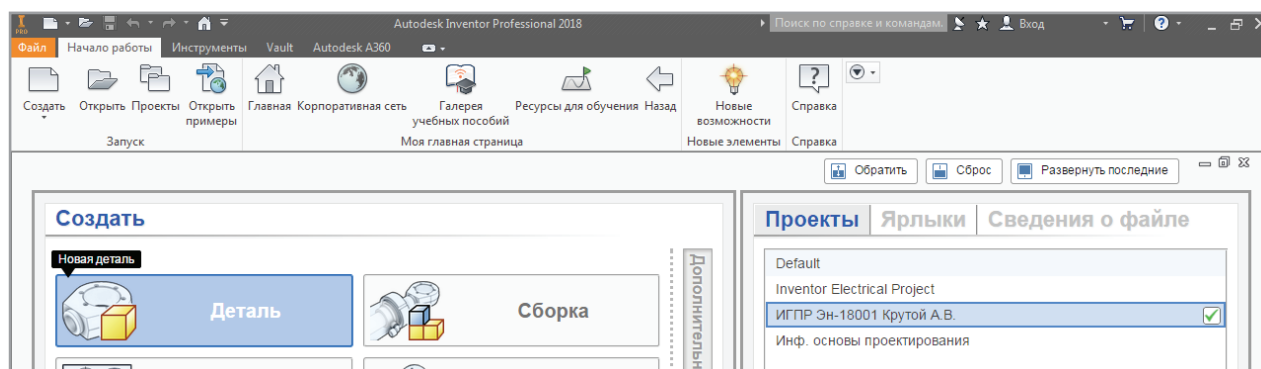


Рис. 4.6. Создание файла «Деталь»

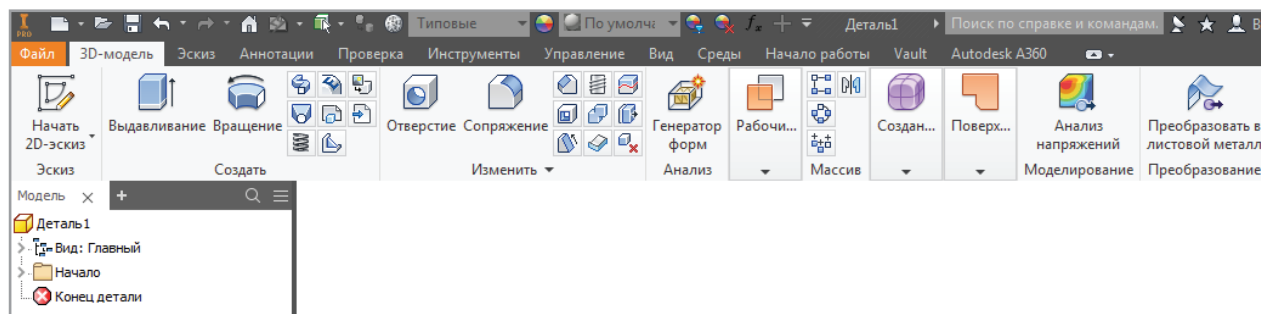


Рис. 4.7. Вкладка ленты «3D-модель»

2. Для перехода в режим «Эскиз» вызываем команду «Начать 2D-эскиз», рис. 4.8.

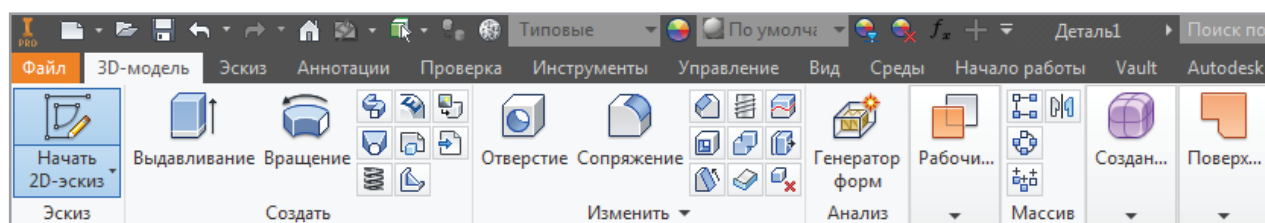


Рис. 4.8. Команда «Начать 2D-эскиз»

3. Выбираем основную рабочую плоскость, например,  $XZ$ , рис. 4.9.

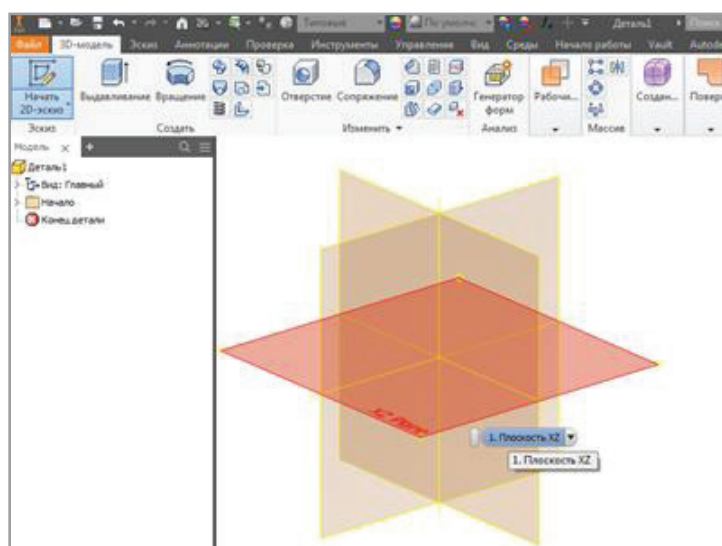


Рис. 4.9. Выбор начальной плоскости для эскиза

4. Строим шестиугольник. Во вкладке «Эскиз» выбираем команду «Многоугольник», в диалоговом окне «Многоугольник» указываем число сторон — 6, способ построения выбираем «Вписанный», рис. 4.10.

Центр многоугольника нужно выбрать в точке пересечения осей координат  $X$  и  $Z$ . Это необходимо для удобства дальнейшего моделирования при использовании рабочих плоскостей. Вершины располагаем произвольно.

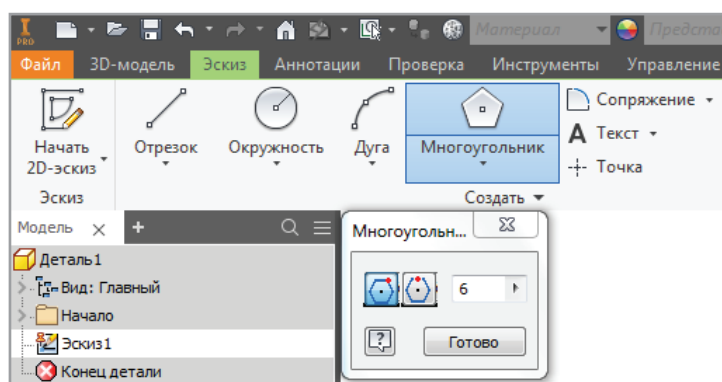


Рис. 4.10. Диалоговое окно «Многоугольник»

## 5. Накладываем геометрические зависимости.

Геометрические зависимости нужны для точного расположения стороны шестиугольника параллельно оси координат. В панели «Зависимость» нажимаем кнопку горизонтальности или рядом кнопку вертикальности, рис. 4.11, 4.12.

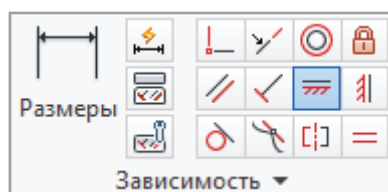


Рис. 4.11. Панель «Зависимость»

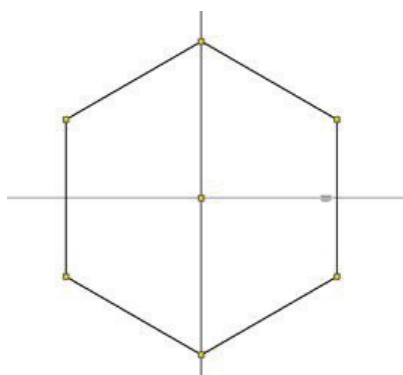


Рис. 4.12. Эскиз шестиугольника с наложенной геометрической зависимостью

## 6. Накладываем размерные зависимости, рис. 4.13.

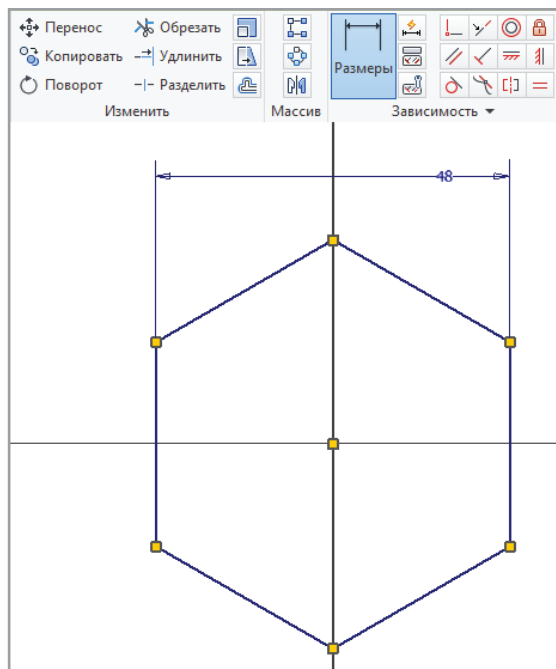


Рис. 4.13. Эскиз шестиугольника с наложенной размерной зависимостью



7. Завершаем режим «Эскиз».

8. Для получения шестигранной призмы применяем «Выдавливание» для шестиугольного контура, как показано на рис. 4.14.

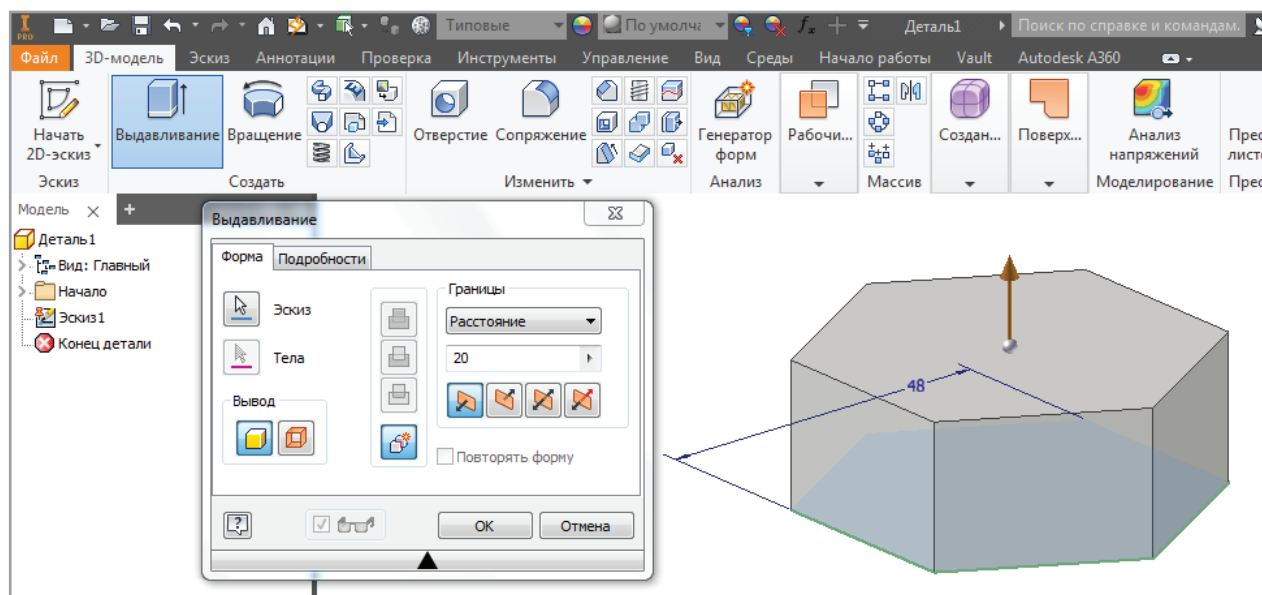


Рис. 4.14. Выдавливание шестигольника

## Второй геометрический элемент — цилиндр

1. Выбираем плоскость шестигольника для нового эскиза, рис. 4.15.

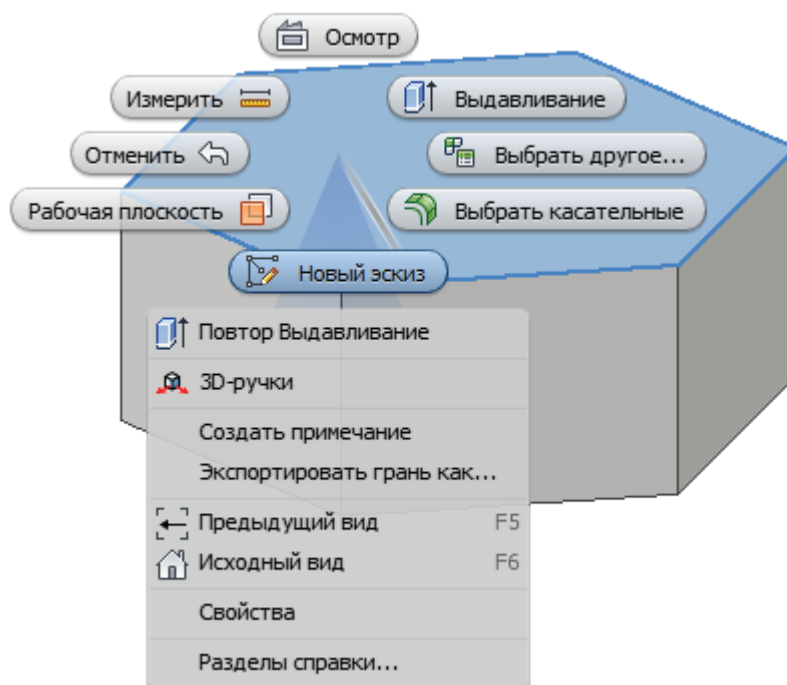


Рис. 4.15. Контекстное меню. Выбор эскизной плоскости для нового эскиза

2. Создаем на плоскости окружность заданного размера, рис. 4.16.

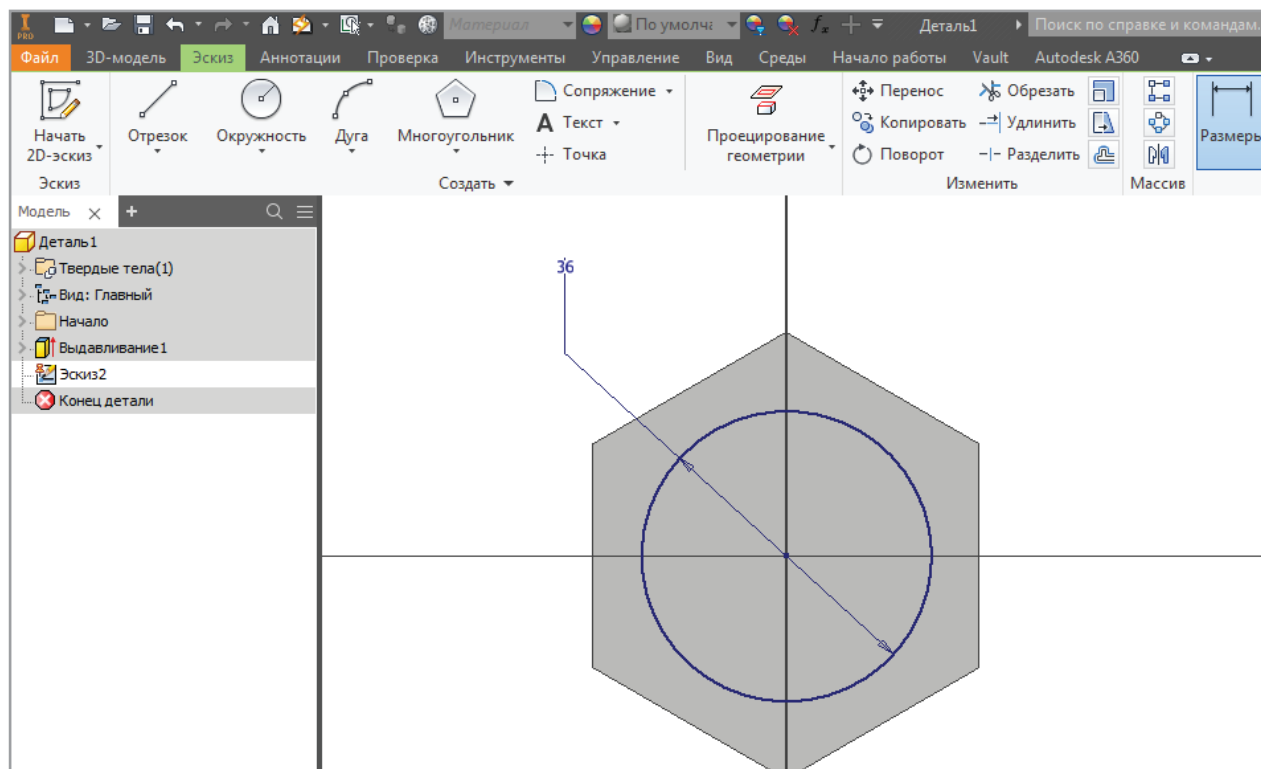


Рис. 4.16. Новый эскиз окружности с размером

3. После принятия эскиза окружности переходим во вкладку «3D-модель», выбираем команду «Выдавливание», рис. 4.17.

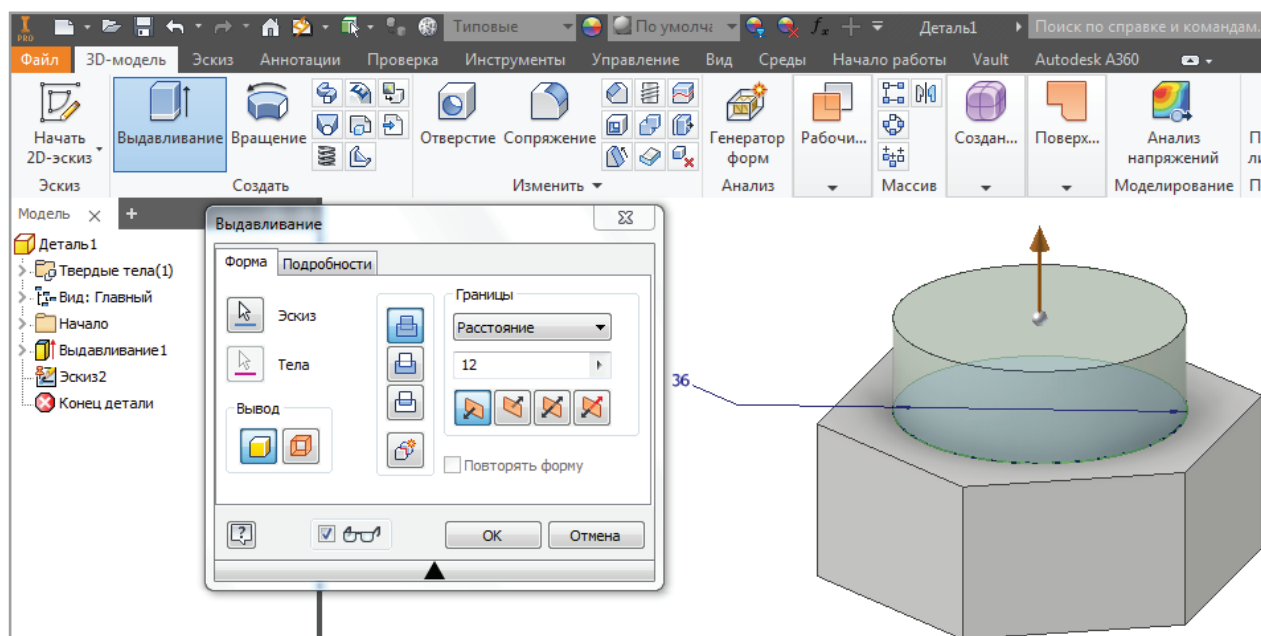


Рис. 4.17. Диалоговое окно «Выдавливание»

### Коническая фаска у шестигранника

1. Для моделирования фаски выбираем в браузере для нового эскиза основную координатную плоскость  $XY$ , рис. 4.18.

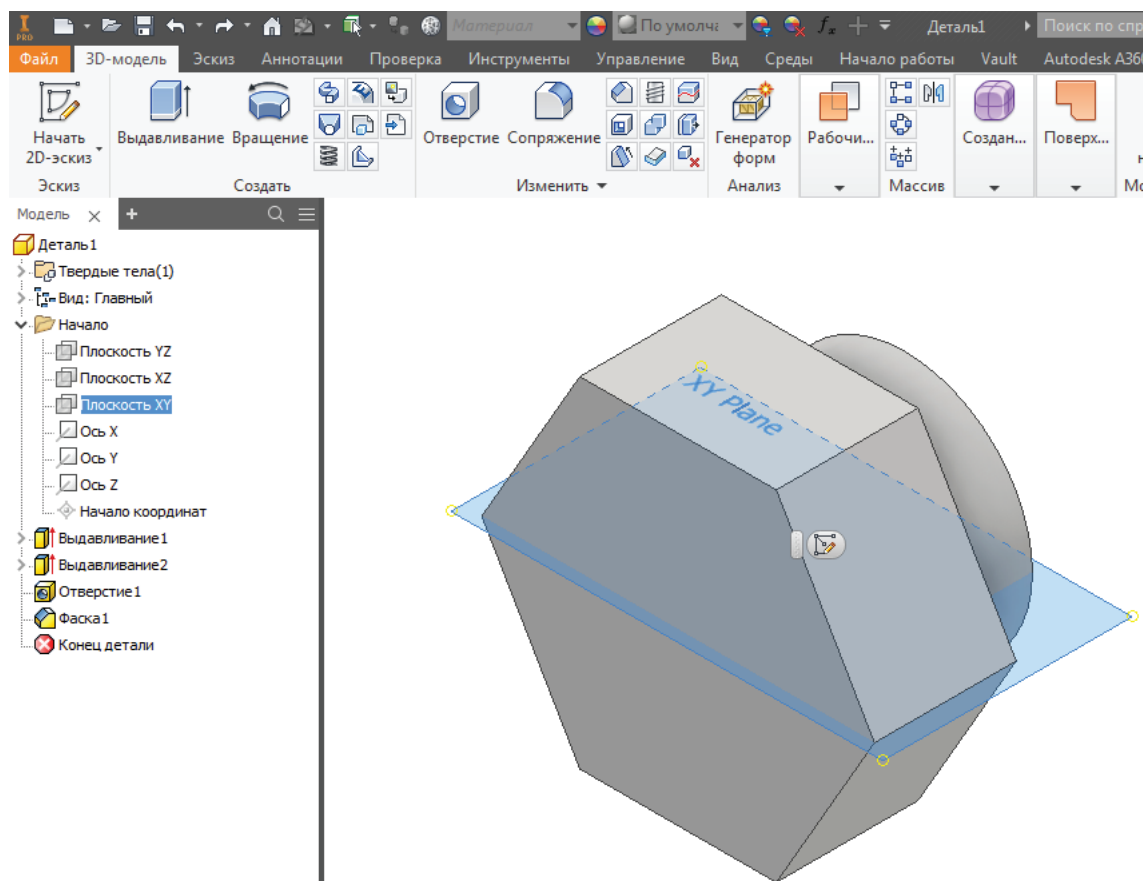


Рис. 4.18. Плоскость для эскиза фаски

2. Используем команду «Разрезать модель» в контекстном меню (рис. 4.19) для облегчения построения эскиза.

Контекстное меню открывается в графической области нажатием правой клавиши мыши.

3. Выполняем эскиз.

Эскиз с размерами для получения фаски показан на рис. 4.20.

4. Завершаем моделирование фаски командой «Вращение» с вычитанием замкнутого контура, рис. 4.21.

На рис. 4.22 показана модель с фаской.

### Моделирование внутренних конструктивных элементов гайки

1. Резбовое отверстие в модели выполняется командой «Отверстие», рис. 4.23. В диалоговом окне выбираем: размещение отверстия — концентрично относительно цилиндрической поверхности, тип резьбы — *ISO* метрическая M27x2, правая, указываем глубину отверстия и длину резьбы.

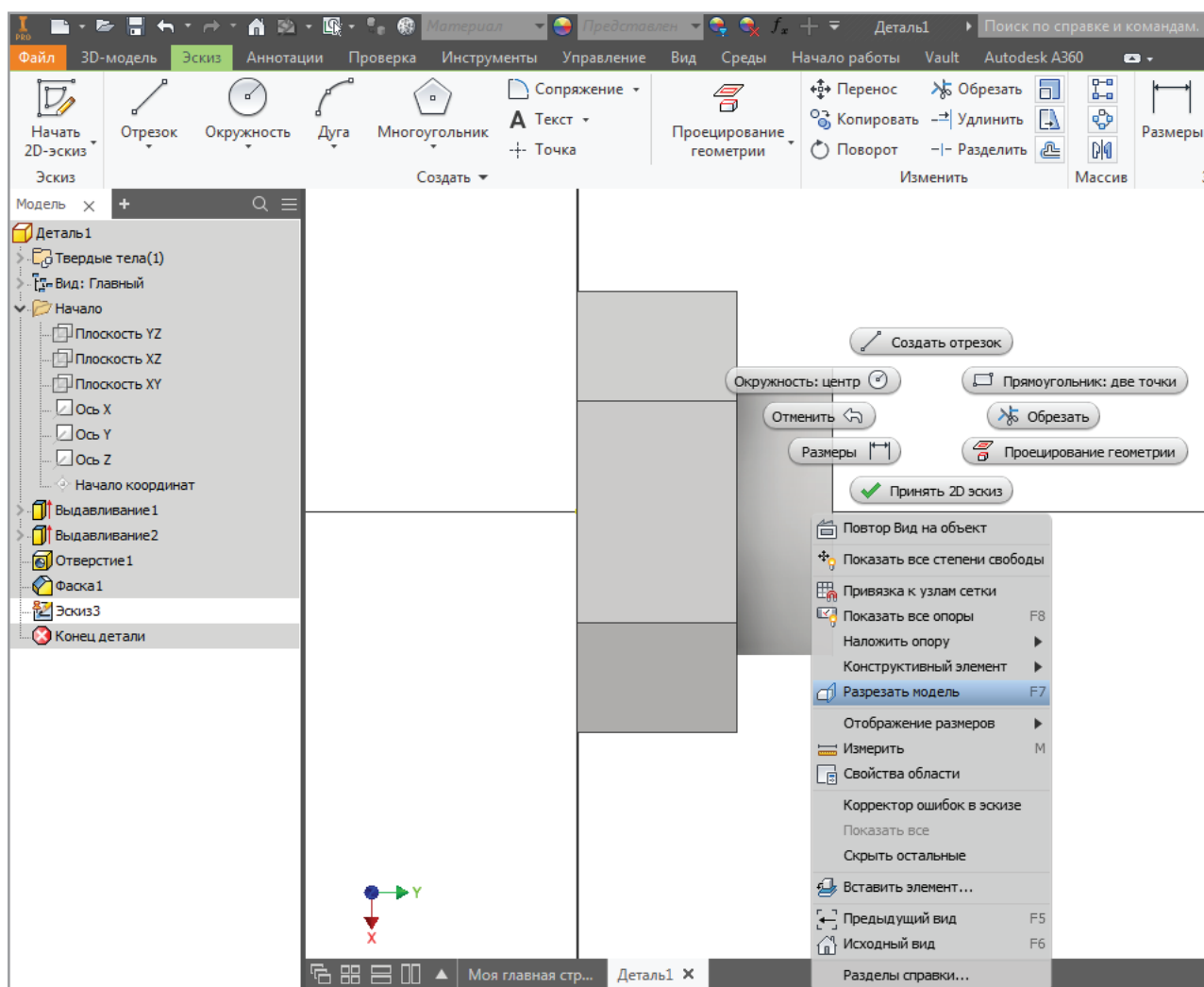


Рис. 4.19. Команда контекстного меню «Разрезать модель»

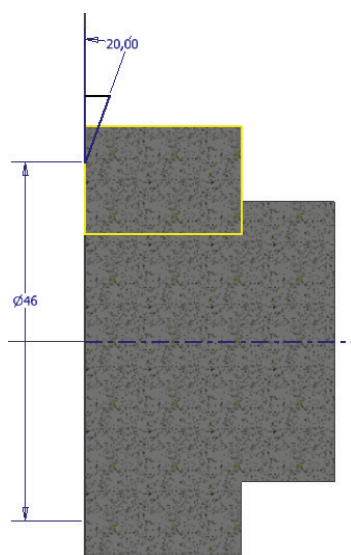


Рис. 4.20. Эскиз фаски с размерами

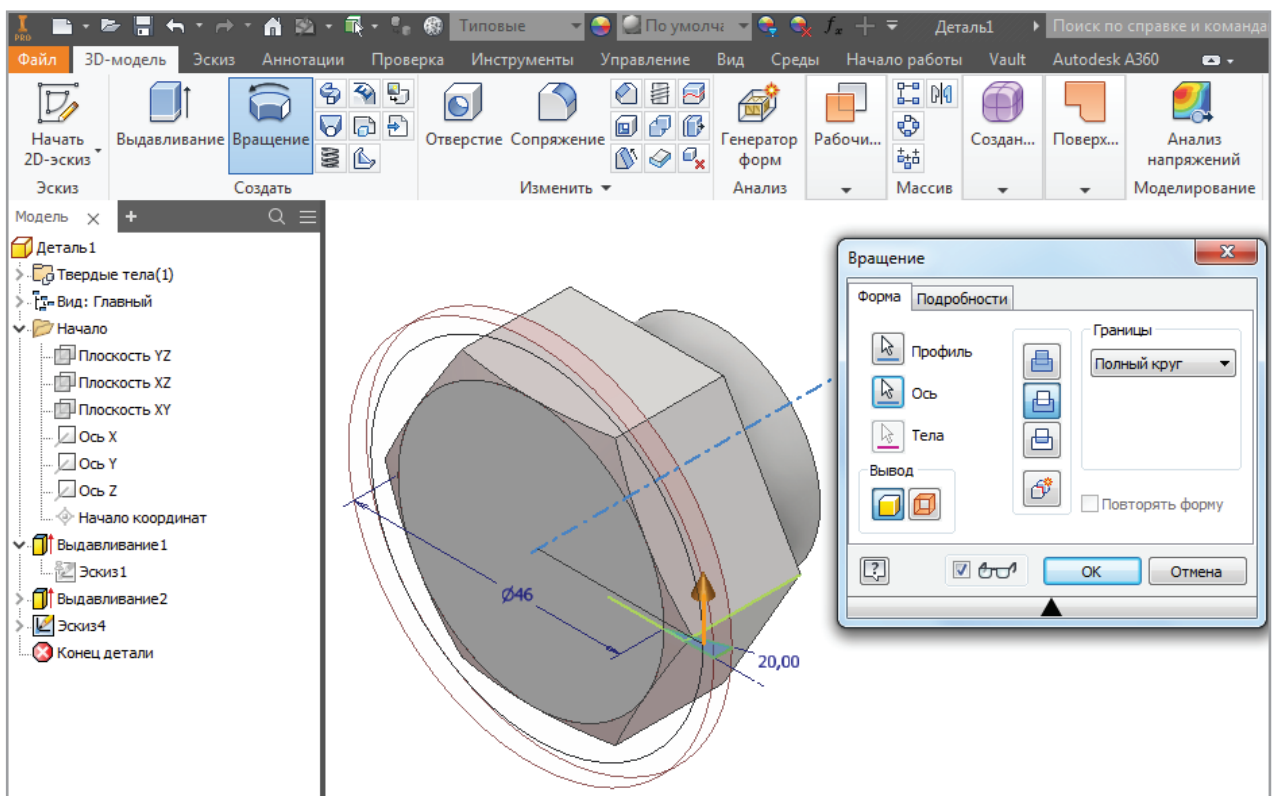


Рис. 4.21. Вращение с вычитанием для создания фаски

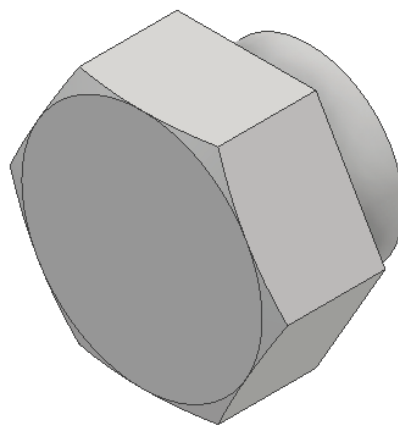


Рис. 4.22. Коническая фаска у шестигранника

2. Добавляем фаску, размер которой соответствует ГОСТ 10549—80 для внутренних метрических резьб (рис. 4.24).
3. Создаем гладкое сквозное отверстие в детали (рис. 4.25).
4. На рис. 4.26—4.28 показана последовательность моделирования внутренней проточки резьбового отверстия. Для моделирования выбираем координатную плоскость  $XY$  нового эскиза, разрезаем модель, вычерчиваем контур проточки, накладываем зависимости, см. рис. 4.27. Создаем проточку вращением с вычитанием замкнутого контура проточки, см. рис. 4.28.

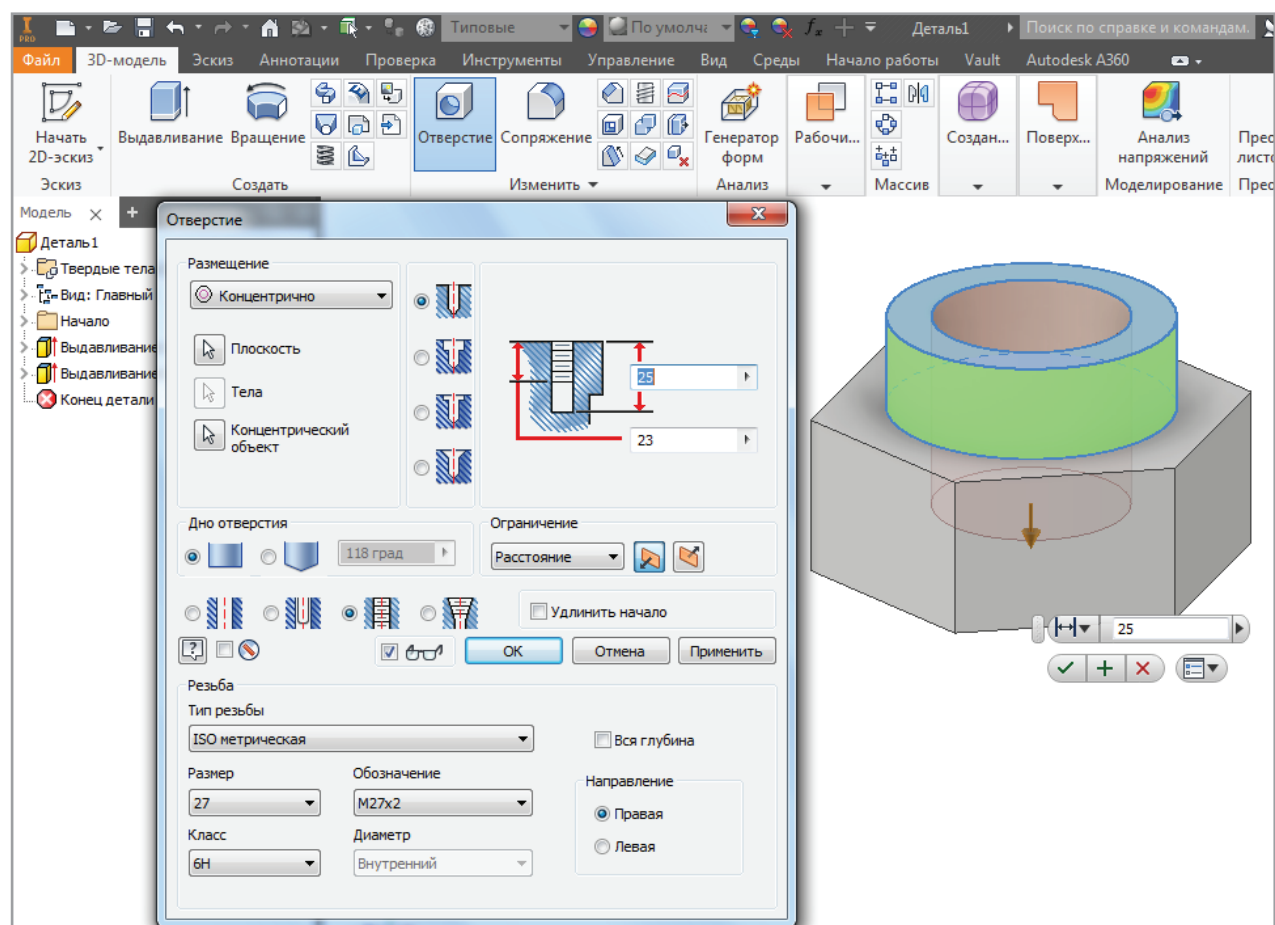


Рис. 4.23. Диалоговое окно «Отверстие»

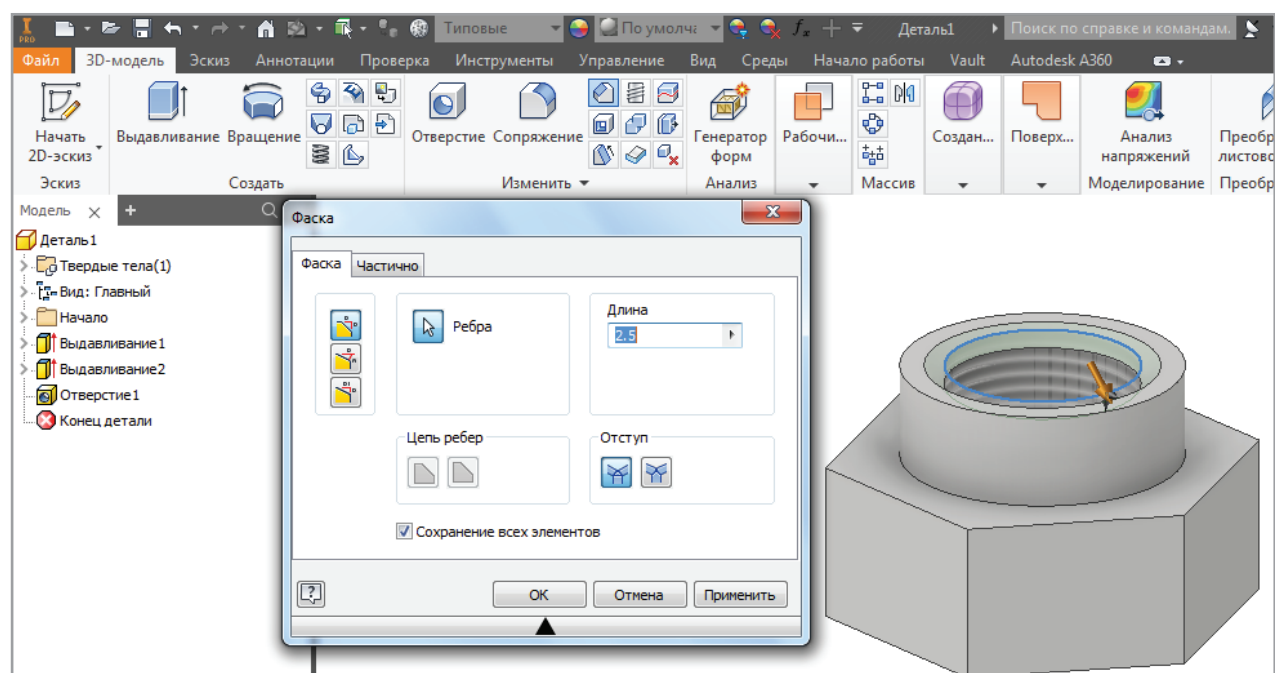


Рис. 4.24. Конструктивный элемент «Фаска»

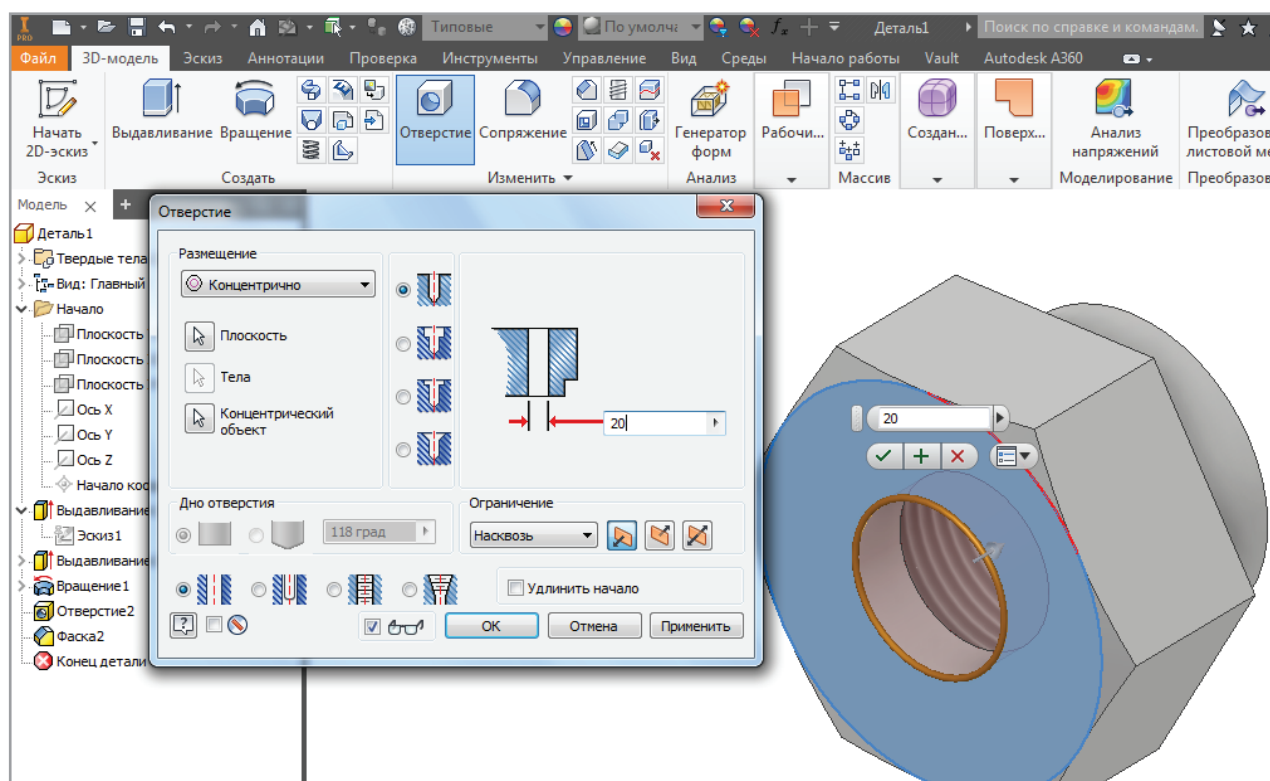


Рис. 4.25. Отверстие

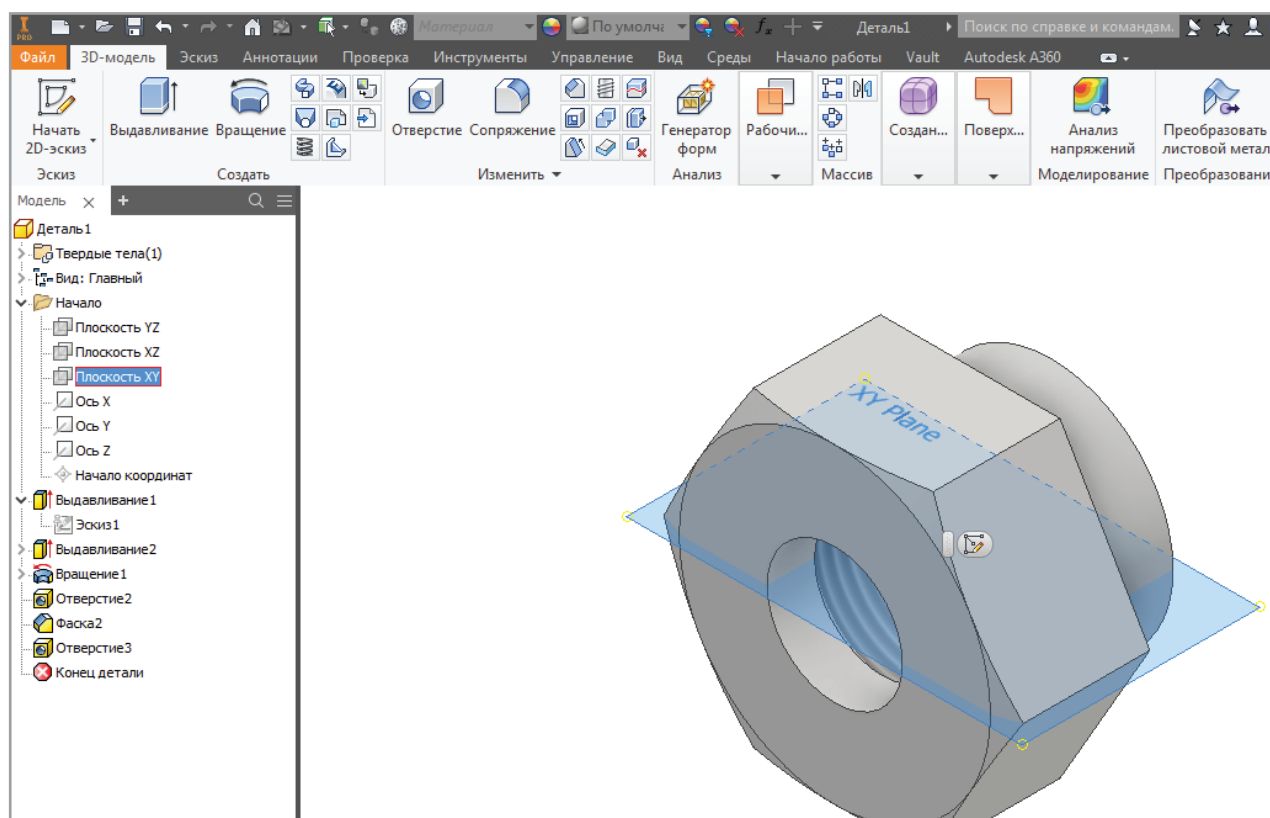


Рис. 4.26. Плоскость эскиза проточки



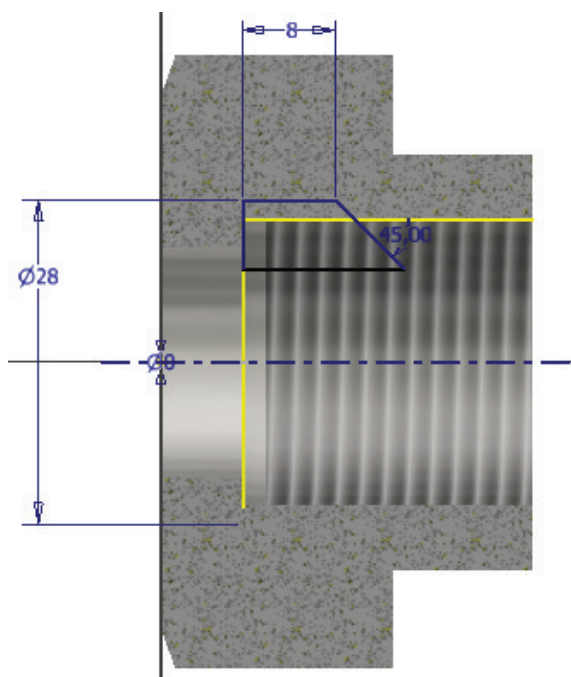


Рис. 4.27. Эскиз проточки с размерами

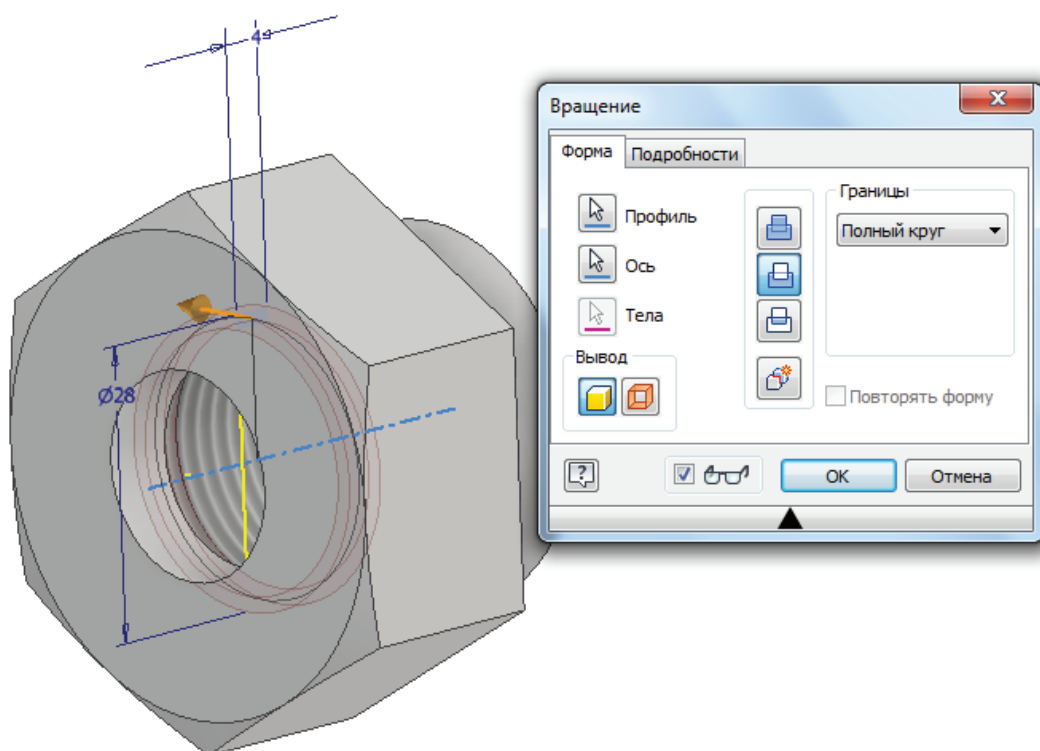


Рис. 4.28. Вращение с вычитанием

5. Сохраним файл «Гайка накидная».



## 4.4. Пример выполнения рабочего чертежа гайки накидной

Рассмотрим последовательно создание чертежа накидной гайки.

### Выбор формата листа и масштаба чертежа

1. Создаем файл-шаблон чертежа *ГОСТ.idw*.

Исходя из габаритных размеров детали и количества изображений, выбираем формат листа для чертежа А3 с горизонтальной ориентацией, рис. 4.29.

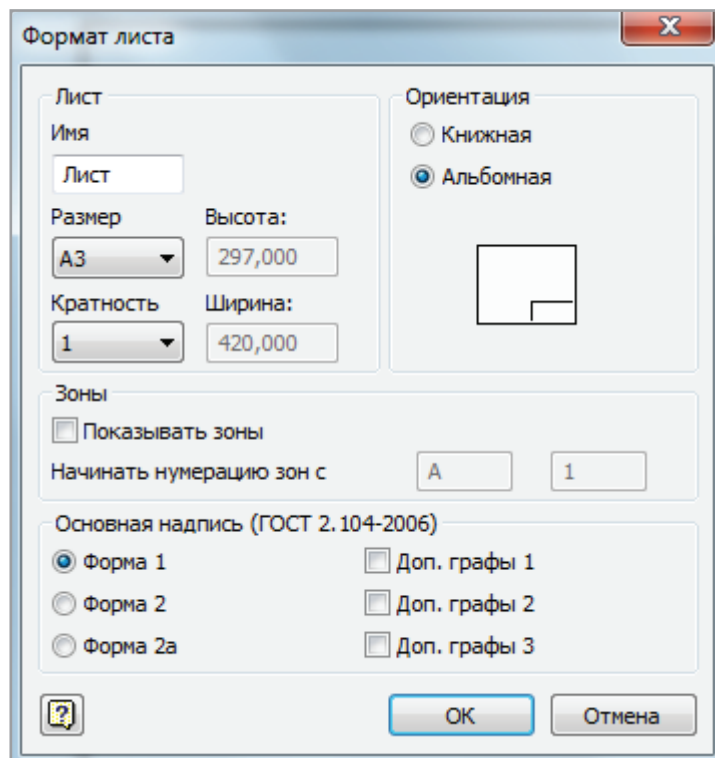


Рис. 4.29. Диалоговое окно «Формат листа»

2. Включаем поддержку ЕСКД, если это не было сделано ранее.

В системе Autodesk Inventor 2018 по умолчанию отключена поддержка ЕСКД. Для создания чертежа модели детали необходимо включить поддержку ЕСКД.

Во вкладке «Среды» в панели «Управление» выбираем команду «Надстройки».

В диалоговом окне «Диспетчер надстроек 2018» выбираем строку «Поддержка ЕСКД» и устанавливаем два флага (галочки) в группе «Загрузка», как показано на рис. 4.30. Нажимаем кнопку «ОК».

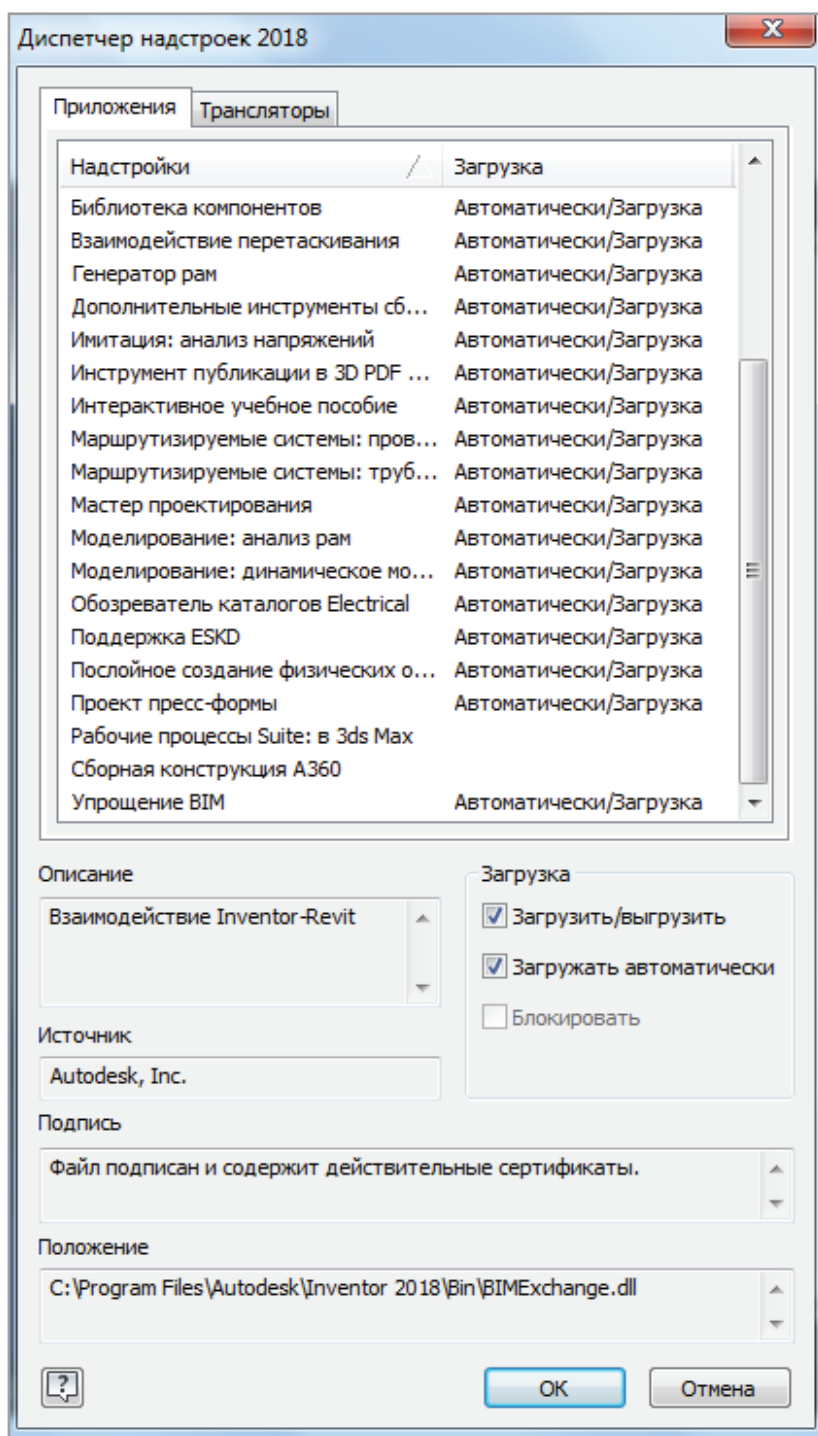


Рис. 4.30. Диалоговое окно «Диспетчер надстроек 2018»

### Создание базового вида (первого изображения на листе)

1. Открываем файл модели «Гайка накидная» и выбираем базовый вид, используя видовой куб.

За базовый вид, который определяет проекционную связь с другими изображениями, принимаем вид слева на шестигранник, рис. 4.31.

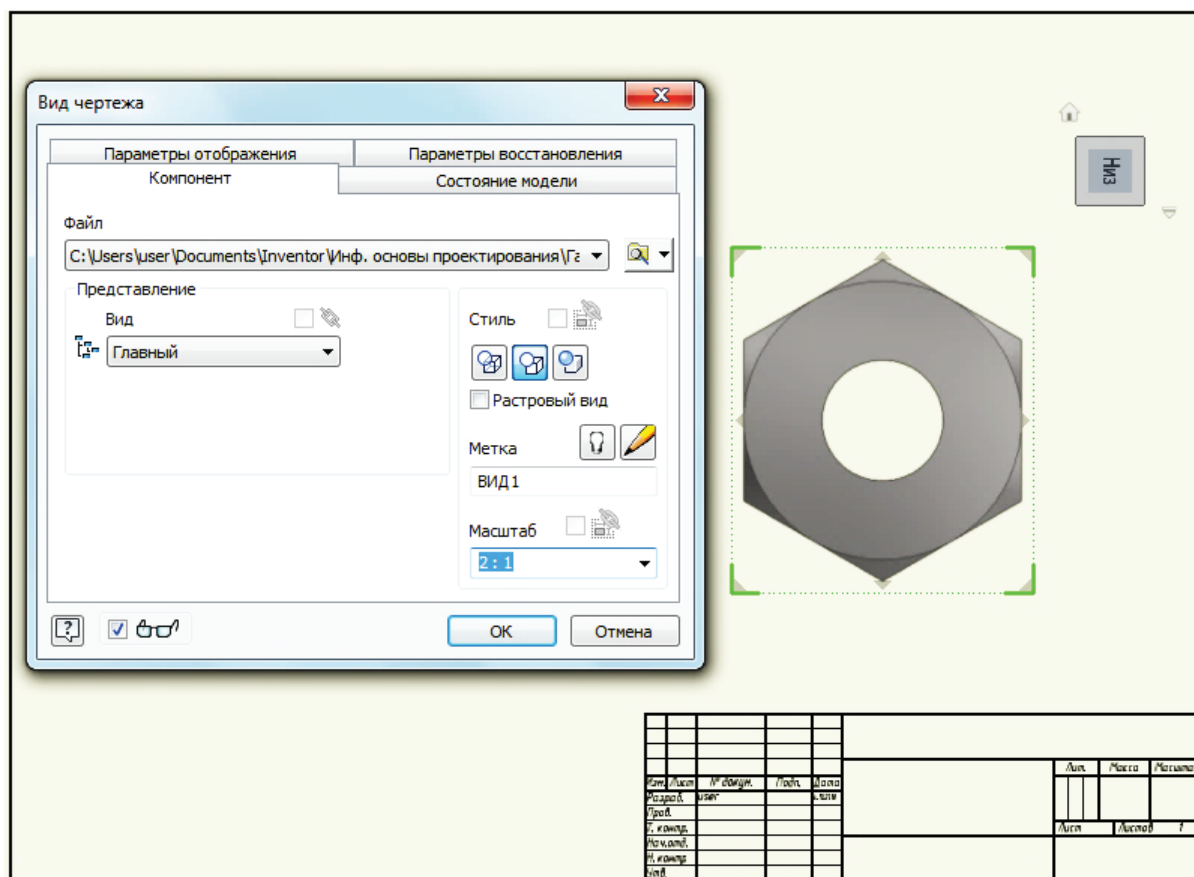


Рис. 4.31. Базовый вид

2. Нажимаем кнопку *OK*.

На главном изображении детали необходимо выполнить фронтальный разрез, совмещенный с видом.

### Фронтальный разрез

1. На вкладке «Размещение видов» из панели «Создать» выбираем команду «Сечение», рис. 4.32.

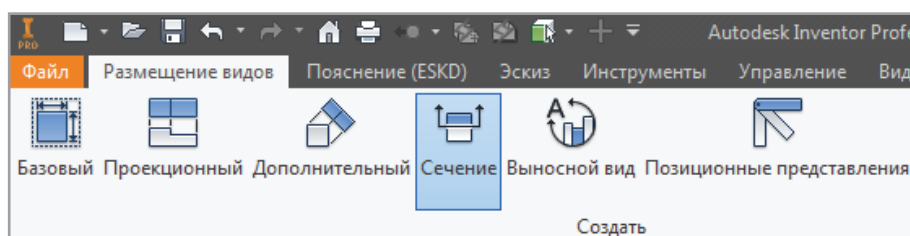


Рис. 4.32. Команда «Сечение»

2. На виде слева задаем положение секущих плоскостей разреза, как показано на рис. 4.33, чтобы на главном изображении получить совмещение половины вида с половиной разреза.

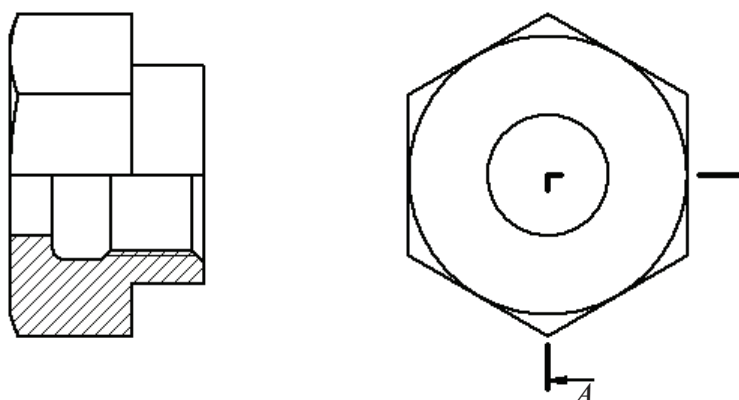


Рис. 4.33. Выполнение разреза

В настоящее время система Autodesk Inventor еще не полностью адаптирована для построения чертежей в системе ЕСКД. Поэтому необходимо выполнять дополнительные команды, добиваясь требуемого результата.

Положения секущих плоскостей не должны быть показаны, т. к. изделие симметрично. Линия, соединяющая половину вида с половиной разреза, должна быть осевой.

### Видимость секущих плоскостей

1. Во вкладке «Пояснение (ESKD)», в панели «Формат» выбираем «Редактирование слоев», рис. 4.34.

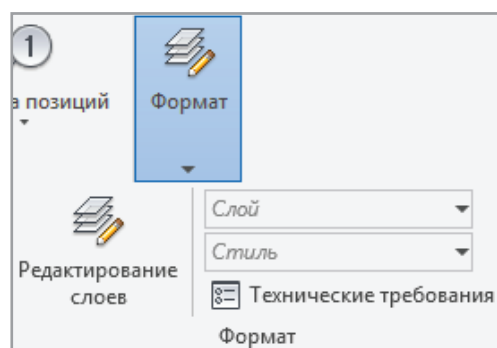


Рис. 4.34. Редактирование слоев

2. Выключаем видимость слоя «Линия разреза» (ГОСТ), рис. 4.35.

3. Нажимаем кнопку «Закрыть». На вопрос *Сохранить изменения?* отвечаем *Да*.

### Осевая линия, разделяющая половину вида и половину разреза

1. Выделяем линию, в контекстном меню снимаем галочку «Видимость» (рис. 4.36)

2. Для проведения осевой линии выбираем на вкладке «Пояснение (ESKD)» в панели «Обозначения» команду «Осевая линия», рис. 4.37 и 4.38.

Имя слоя /	В..	Пр...	Тип линий	Вес линий	Масштаб по ...	П...
3D Эскизная геометрия			Штриховая (длинный-короткий)	0,25 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Видимые тонкие (ГОСТ)			Сплошная	0,35 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Видимый контур (ГОСТ)			Сплошная	0,50 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Граница выносного эл.			Сплошная	0,25 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Граница сгиба (ГОСТ)			Сплошная	0,50 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Заголовок (ГОСТ)			Сплошная	0,50 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Кромка (ГОСТ)			Сплошная	0,50 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Линия разреза (ГОСТ)			Штриховая (длинный-короткий)	0,70 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Линия обрыва (ГОСТ)			Сплошная	0,25 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	
Линия резьбы (ГОСТ)			Сплошная	0,25 мм	<input checked="" type="checkbox"/>	

Рис. 4.35. Редактирование слоя «Линия разреза»

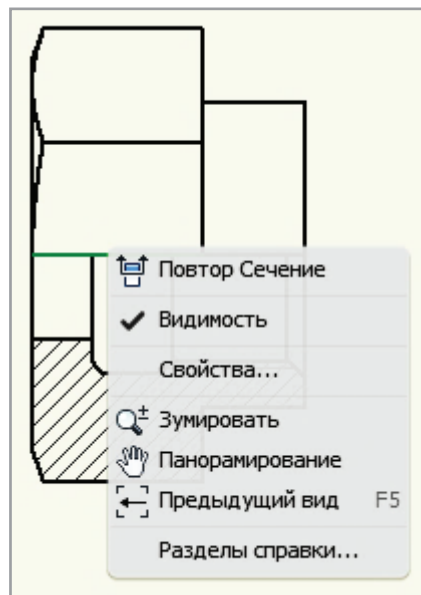


Рис. 4.36. Снятие видимости с линии

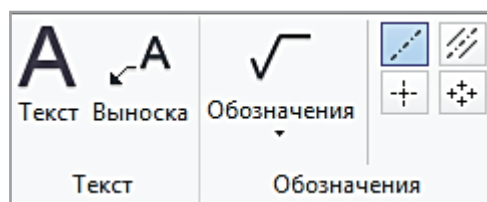


Рис. 4.37. Осевая линия

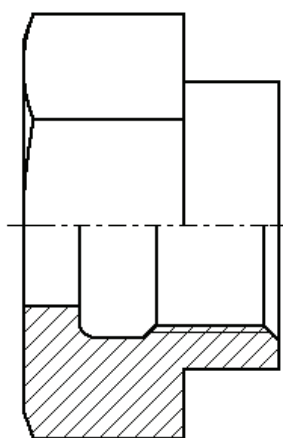


Рис. 4.38. Доработанное изображение

### Создание выносного элемента проточки

1. Из вкладки «Размещение видов» с помощью команды «Выносной элемент» панели «Создать» получаем изображение выносного элемента, рис. 4.39 и 4.40.

На разрезе указываем проточку, которая при этом обводится замкнутой окружностью, и перетаскиваем увеличенное изображение на свободное поле чертежа.

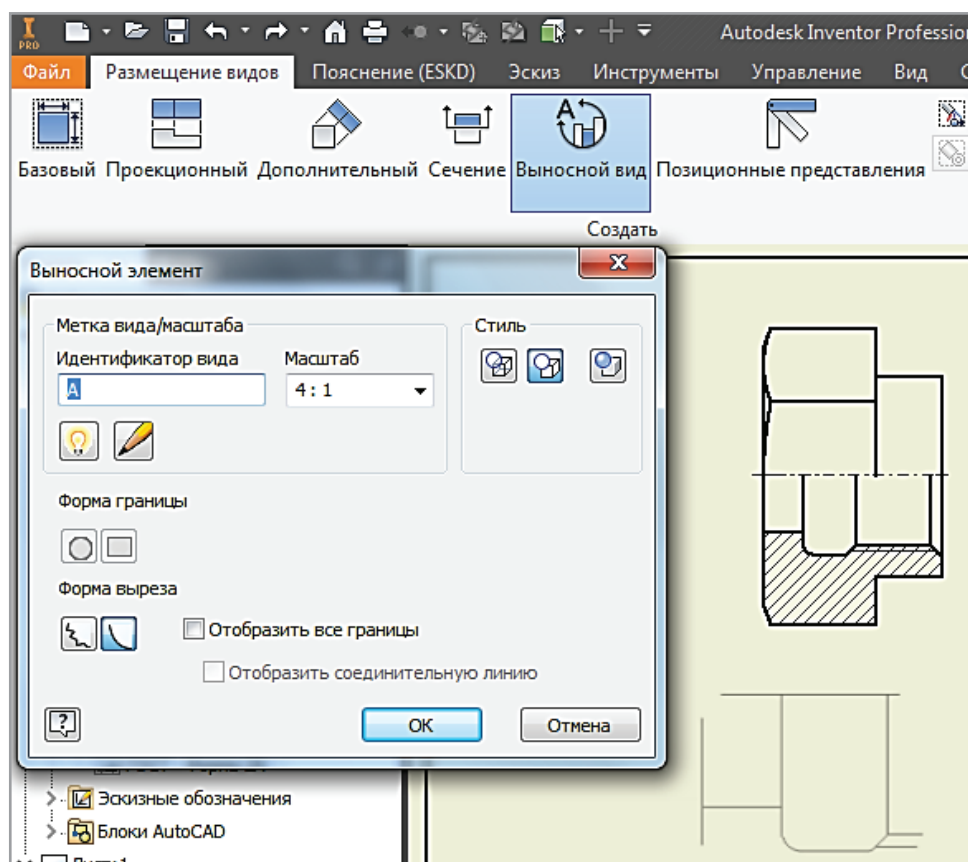
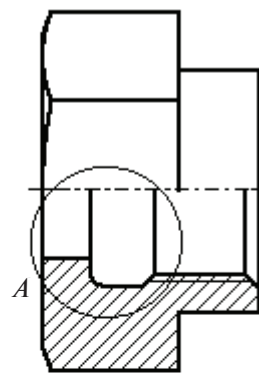


Рис. 4.39. Диалоговое окно «Выносной элемент»



*A (4:1)*

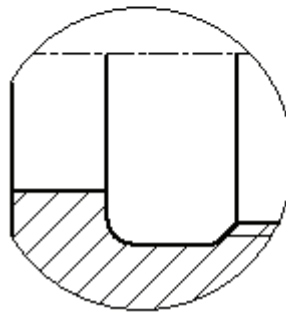


Рис. 4.40. Выносной элемент

2. Дорабатываем обозначение проточки в соответствии с ГОСТ ЕСКД: рис. 4.41 — удаление обозначения, рис. 4.42 — редактирование выносной линии, рис. 4.43 — редактирование стрелки.

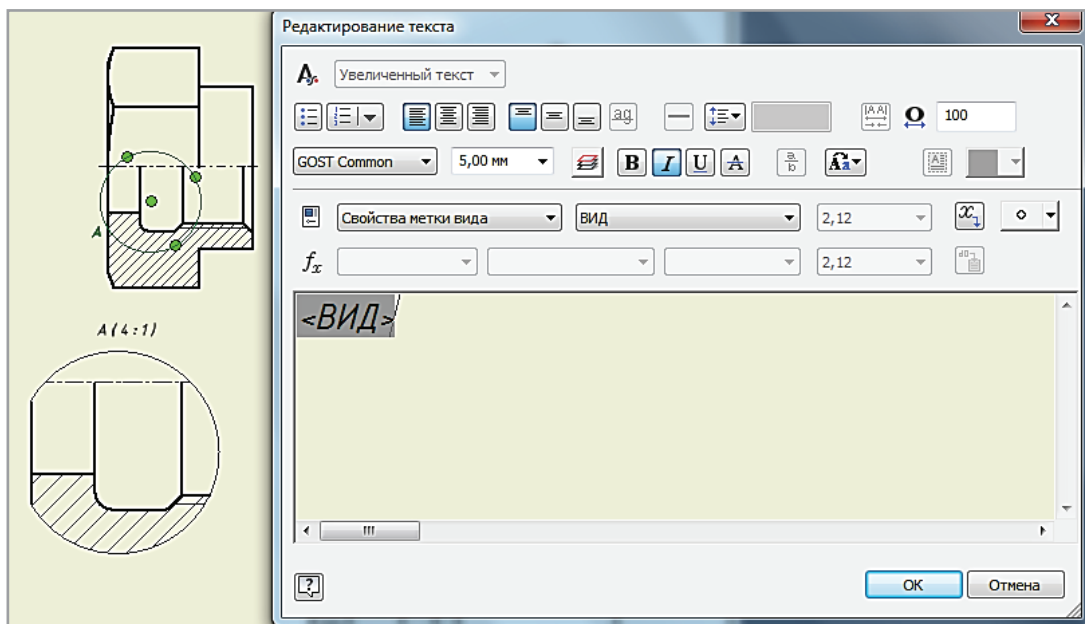


Рис. 4.41. Удаление обозначения

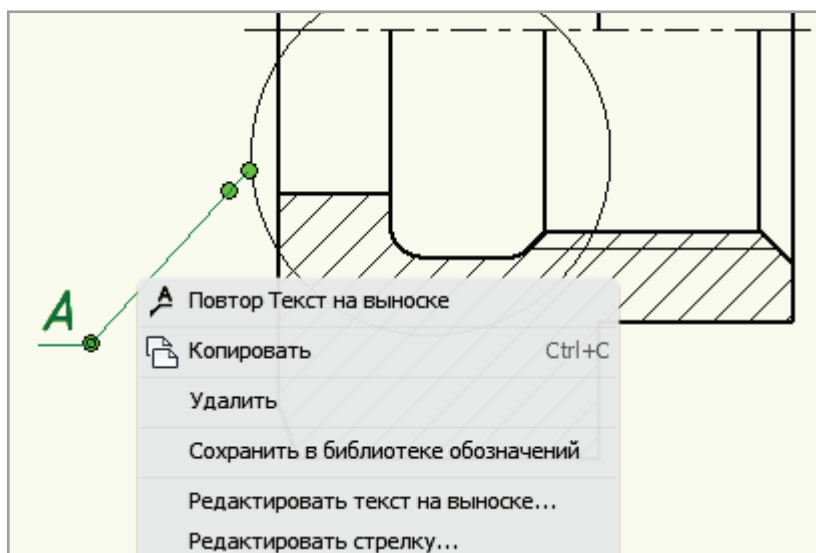


Рис. 4.42. Редактирование выносной линии

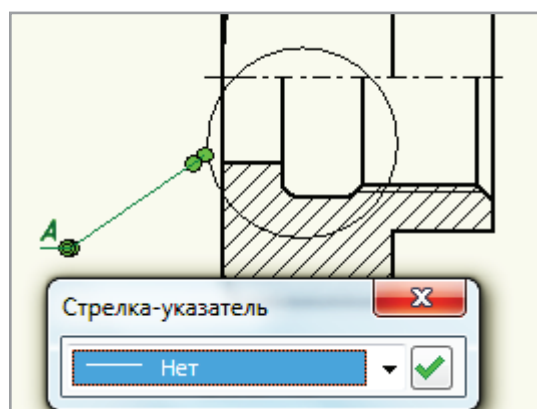


Рис. 4.43. Редактирование стрелки выносной линии

### Нанесение размеров

На учебных чертежах рекомендуется проставлять размеры вручную.

Выбираем на вкладке «Размеры» из панели «Пояснение (ESKD)» команду «Размеры» (рис. 4.44).

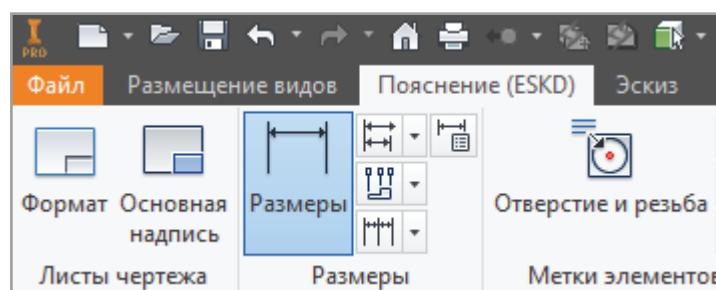


Рис. 4.44. Команда «Размеры»



### Нанесение знаков шероховатости

1. Выбираем на вкладке «Пояснение (ESKD)» в панели «Обозначения» команду «Шероховатость», рис. 4.45.

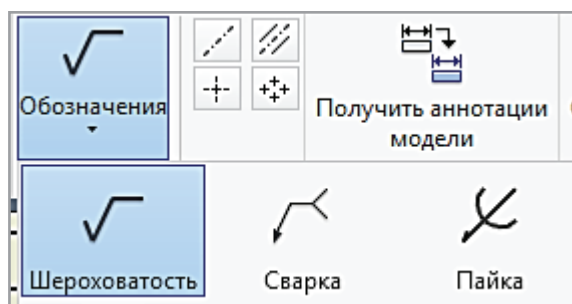


Рис. 4.45. Команда «Шероховатость»

2. В диалоговом окне «Шероховатость поверхности» выбираем обозначения и заполняем «Требования» (рис. 4.46)

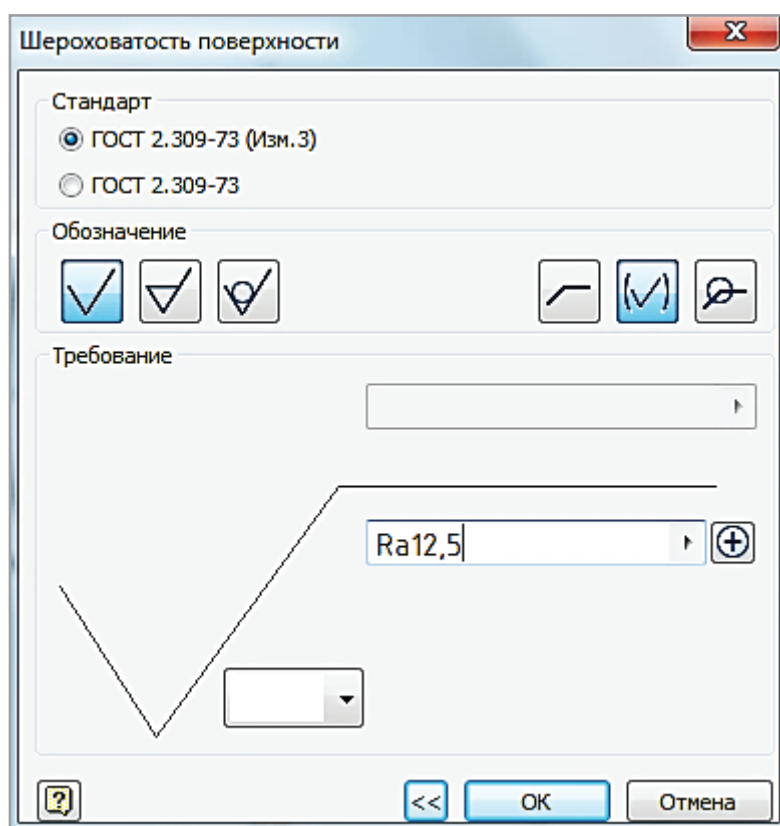


Рис. 4.46. Диалоговое окно «Шероховатость поверхности»

На рис. 4.47 показан элемент рабочего чертежа со знаками шероховатости.

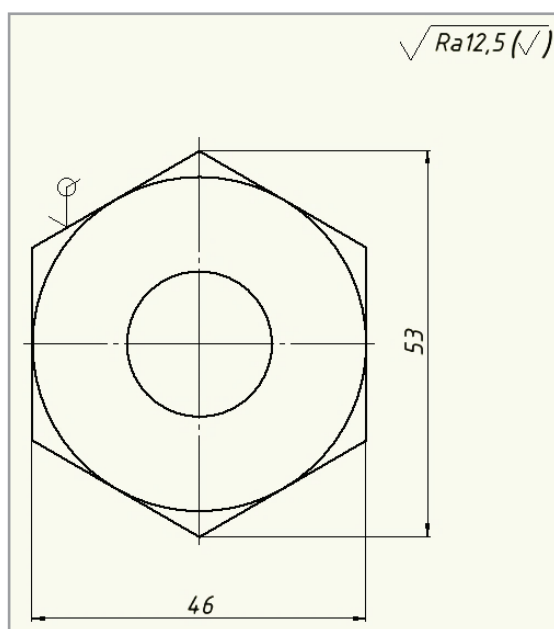


Рис. 4.47. Пример нанесения знаков шероховатости

### Заполнение основной надписи

1. Из вкладки «Пояснение (ESKD)» в панели «Листы чертежа» выбираем команду «Основная надпись». В диалоговом окне «Основная надпись» (рис. 4.48) заполняем необходимые графы.

Осн.надп.					ИГПР.029000.004			
Изм.	Лист	№ докум.	Под...	Дата	Гайка накидная	Лит.	Масса	Масштаб
Разраб.	Крутой А...							
Пров.								
Т. контр.						Лист		Листы
Нач. отд.					Материал			1
Т. контр.					Сталь 45 ГОСТ			УрФУ кафедра ИГ группа ЭН-18...
Утв.								

Рис. 4.48. Диалоговое окно «Основная надпись»

2. Сохраняем файл с чертежом детали.

На рис. 4.49 приведен рабочий чертеж накидной гайки.

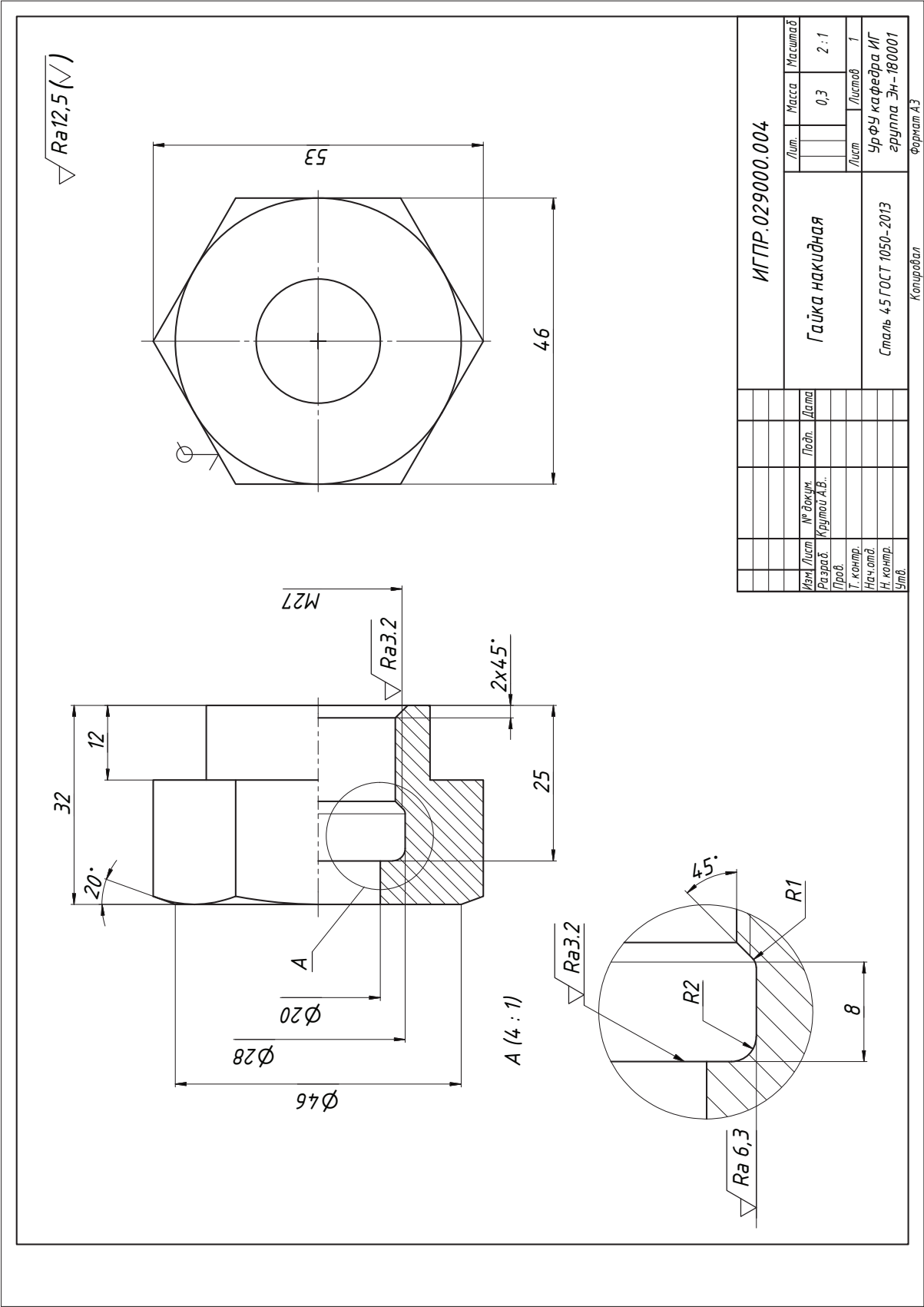


Рис. 4.49. Рабочий чертеж накидной гайки

## 4.5. Пояснительная записка

1. Создадим новый файл «Обычный.idw», рис. 4.50.

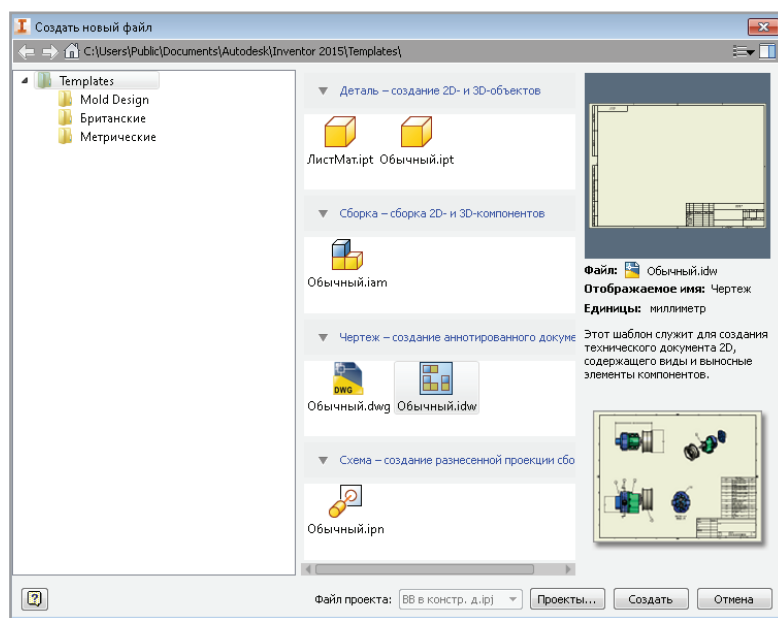


Рис. 4.50. Создание файла пояснительной записки

2. Выберем формат первого листа: формат А4, основная надпись по форме 2, (рис. 4.51).

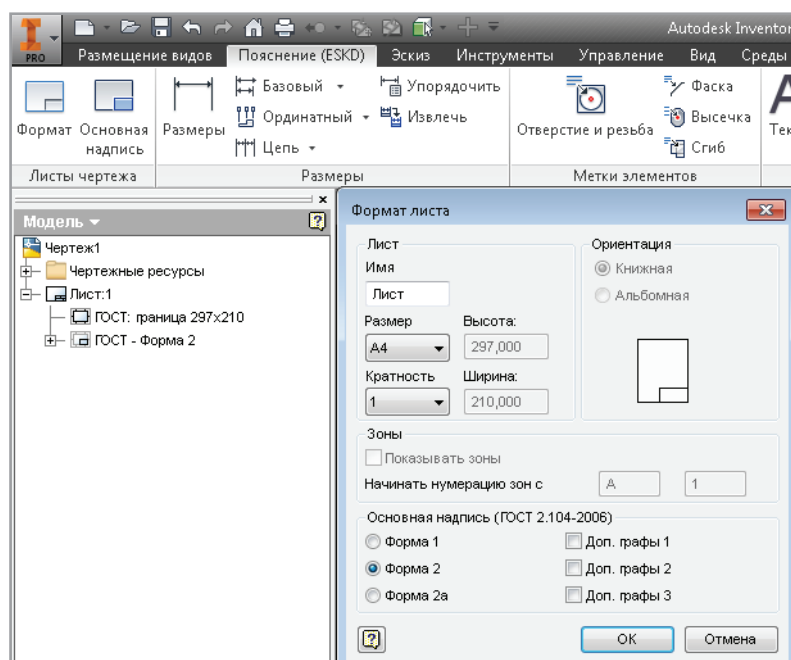


Рис. 4.51. Диалоговое окно «Формат листа»

### 3. Заполним основную надпись.

Номер конструкторского документа *ИГПР.02900.004 ПЗ* имеет дополнительное обозначение ПЗ, рис. 4.52.

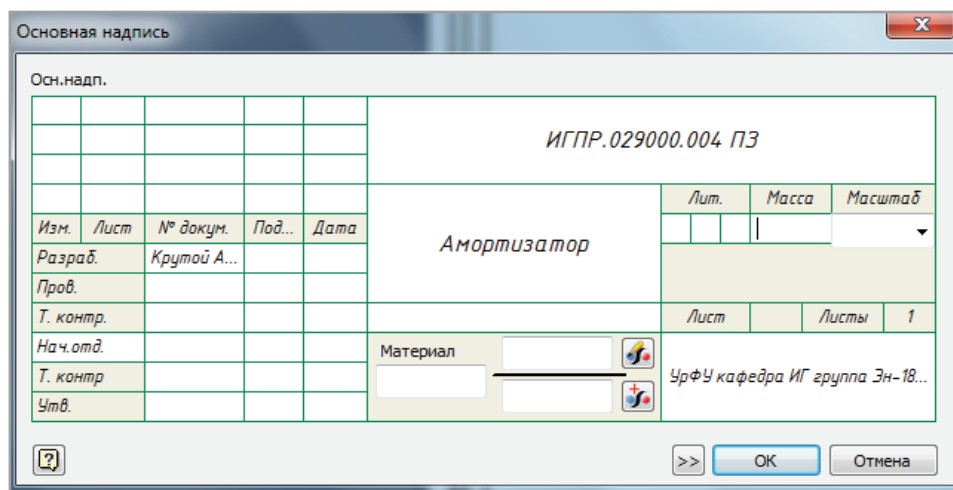


Рис. 4.52. Диалоговое окно «Основная надпись»

4. Второй и последующие листы пояснительной записки. В браузере, в контекстном меню, выбираем «Создать лист», рис. 4.53.

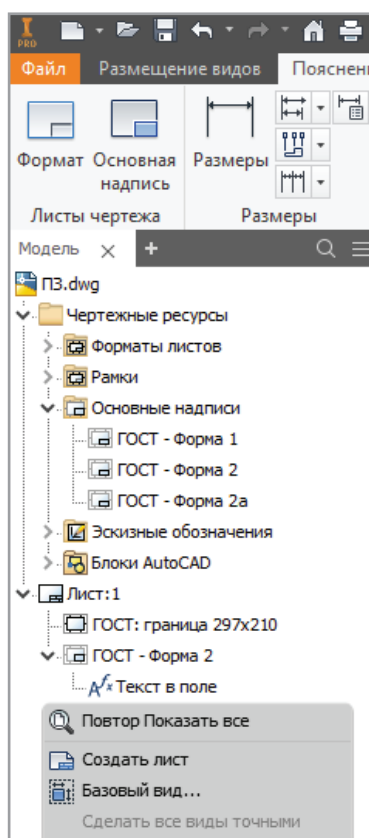


Рис. 4.53. Браузер. Контекстное меню. «Создать лист»

Затем в браузере удаляем «ГОСТ — Форма 2», затем выбираем «ГОСТ — Форма 2а», рис. 4.54 и 4.55.

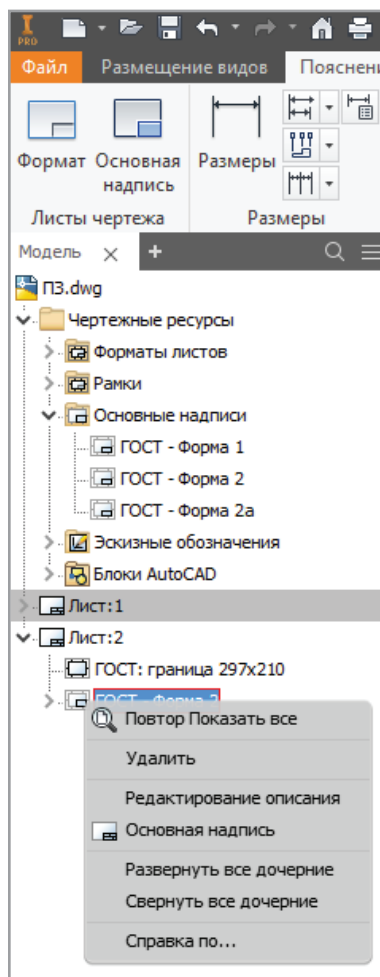


Рис. 4.54. Браузер. Контекстное меню. ГОСТ — Форма 2 — «Удалить»

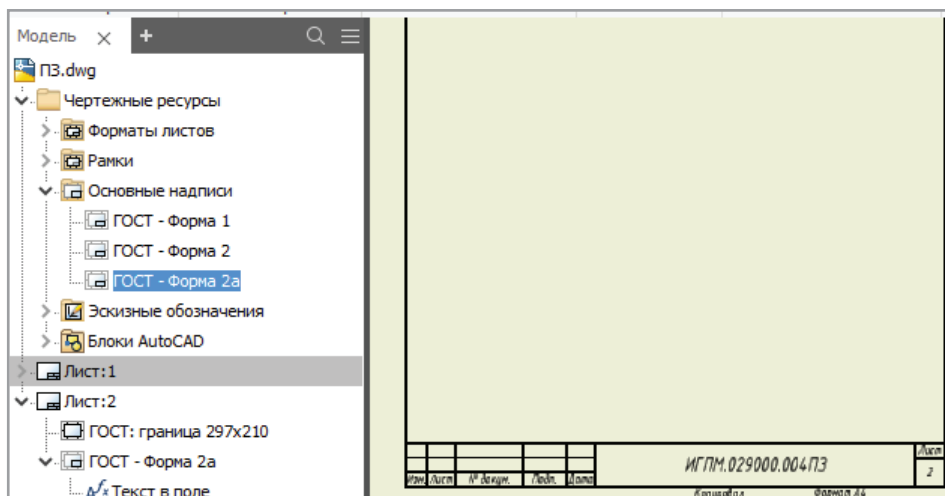


Рис. 4.55. Лист с основной надписью по форме 2а

5. Текст. Для создания текста используем команду «Текст» панели «Пояснение (ESKD)», рис. 4.56.

Стиль текста — «GOST Common курсив»; размер — 5 мм; интервал — полуторный.

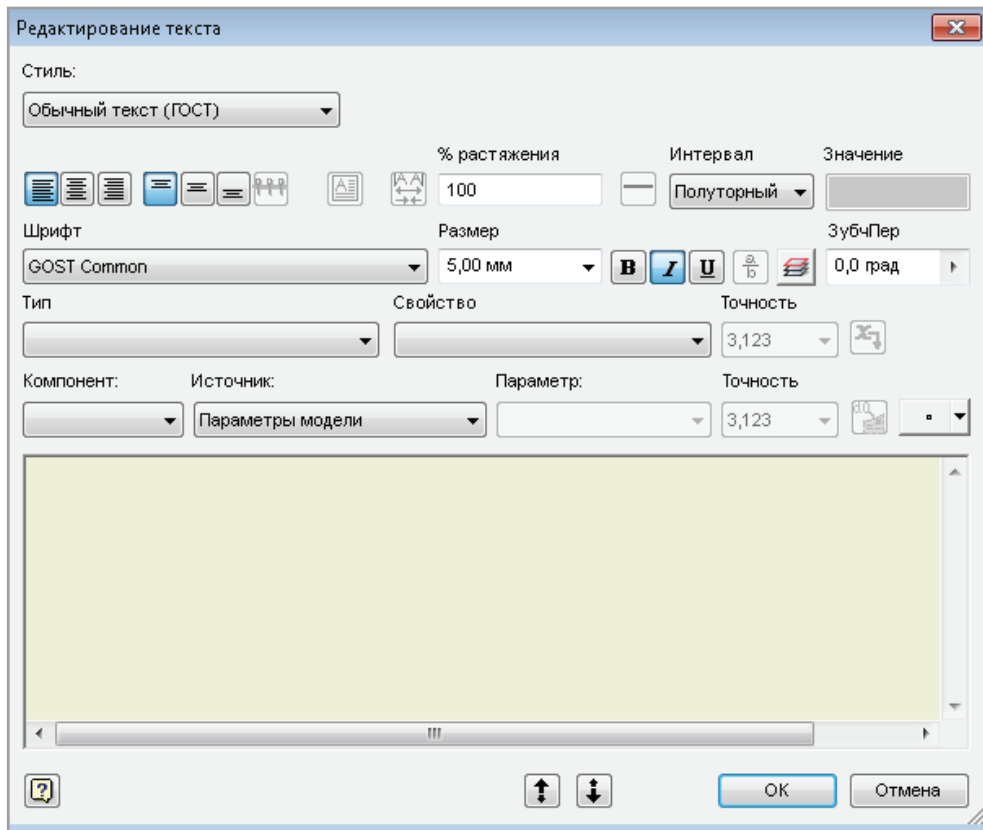


Рис. 4.56. Диалоговое окно «Редактирование текста»

## 4.6. Моделирование сборок в Autodesk Inventor

В Autodesk Inventor предусмотрены следующие способы моделирования сборок: проектирование «снизу вверх»; проектирование «сверху вниз» и смешанный способ.

*Проектирование сборки «снизу вверх»* представляет собой последовательное добавление в сборку готовых моделей деталей с заданием их взаимного расположения. Все компоненты сборки создаются в отдельных файлах. Такой порядок проектирования используется только при создании сборок, состоящих из небольшого количества деталей. Это вызвано тем, что для моделирования отдельных деталей для сборки требуется точно представлять их взаимное положение, вычислять и специально записывать размеры одних деталей для того, чтобы в зависимости от них установить размеры других деталей.

*Проектирование сборки «сверху вниз»* характеризуется тем, что компоненты сборки моделируют непосредственно в самой сборке. Такой порядок проектирования пред-

почтителен по сравнению с проектированием «снизу вверх», т. к. он позволяет автоматически определять параметры и форму взаимосвязанных компонентов.

На практике чаще всего используют *смешанный способ проектирования*, сочетающий приемы проектирования «сверху вниз» и «снизу вверх».

Пользователь сам определяет, какой способ ему подходит. Все компоненты сохраняются в своих собственных файлах с расширением *ipt*, а сборка сохраняется в файле с расширением *iam*.

#### 4.6.1. Проектирование сварной конструкции

Среда разработки сварных конструкций в Autodesk Inventor позволяет моделировать сварку в 3D-изделиях, а также получать 2D-документацию по сварным моделям со всеми обозначениями, необходимыми для изготовления в цеху. Сварные швы автоматически обновляются при изменениях в модели.

##### Геометрическая модель сварной крышки

Крышка амортизатора (см. задание на проект, прил. 1) является сварной конструкцией. Она состоит из сваренных между собой втулки, диска, фланца и двух ребер.

Рассмотрим проектирование сварной крышки.

Сборка начинается с создания базовой детали. Базовая модель закрепляется, имеет нулевую степень свободы. Это позволяет позиционировать последующие детали относительно базовой.

Базовой исходной деталью выберем втулку. Конструкция втулки простая и построение модели, рис. 4.57, не требует пояснений.

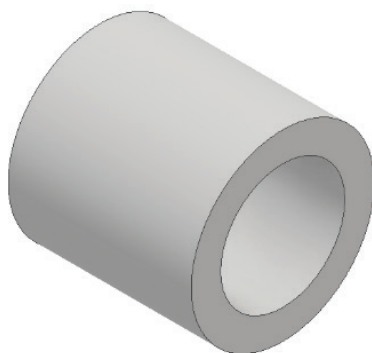


Рис. 4.57. Модель втулки

Разработка сварной конструкции начинается в среде «Сборка», рис. 4.58.

Компонент в сборке размещаем при помощи команды «Вставить». Открываем модель втулки, созданный ранее файл «Втулка» добавляется в файл сборки, рис. 4.59.

Новые компоненты сварной конструкции создаем, находясь в среде «Сборка».

Для создания в текущей сборке нового компонента «Диск» выбираем команду «Создать», рис. 4.60.



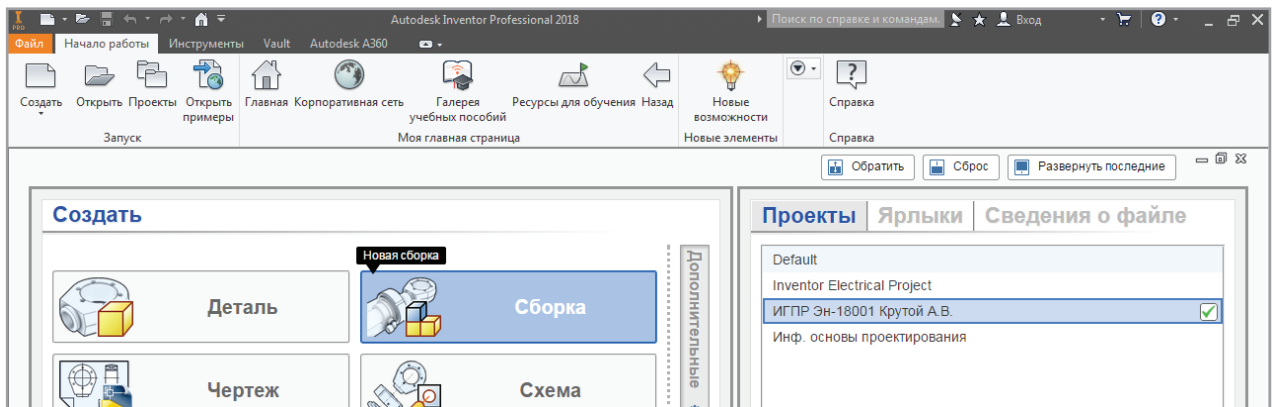


Рис. 4.58. Создание новой сборки

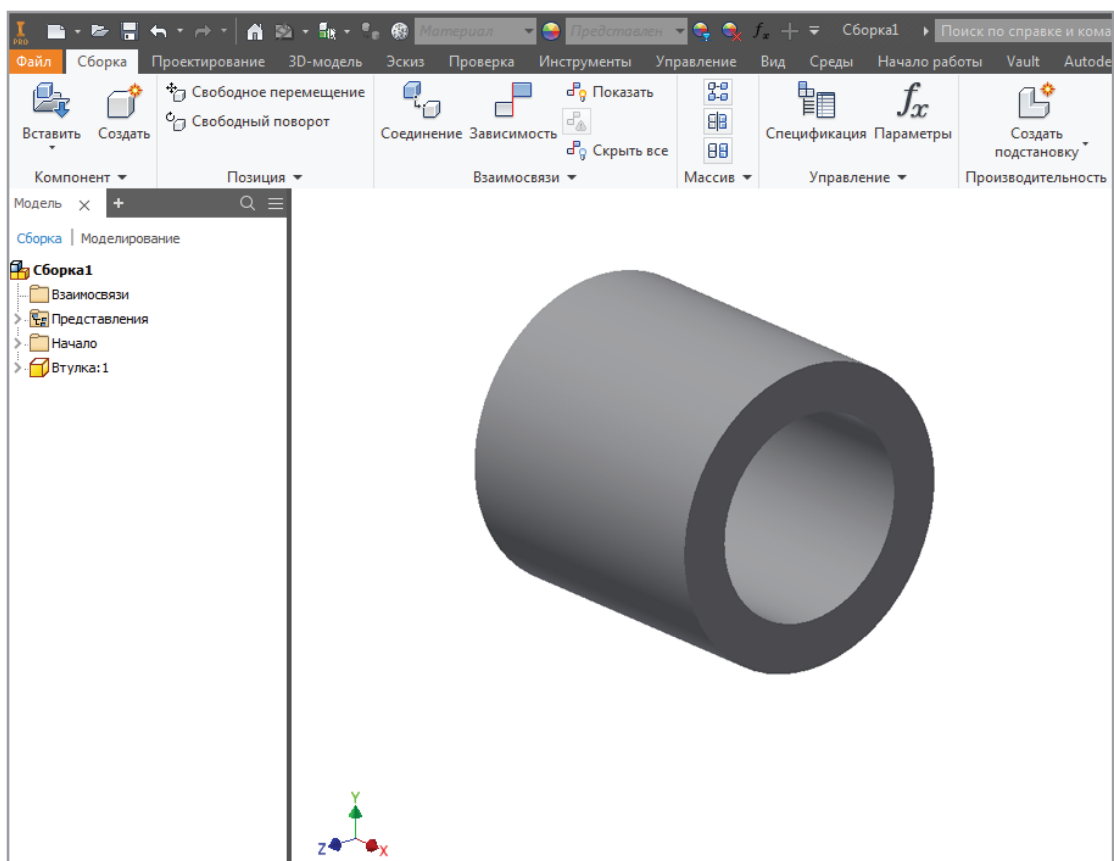


Рис. 4.59. Файл «Втулка», открытый в сборке

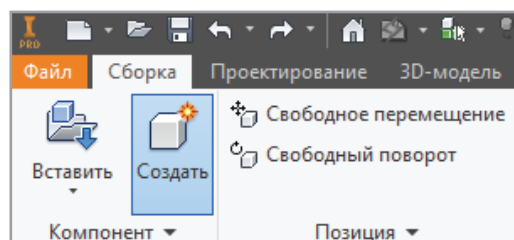


Рис. 4.60. Создание модели в сборке

В диалоговом окне «Создание компонента по месту» указываем имя нового компонента «Диск», тип файла, место хранения файла, рис. 4.61.

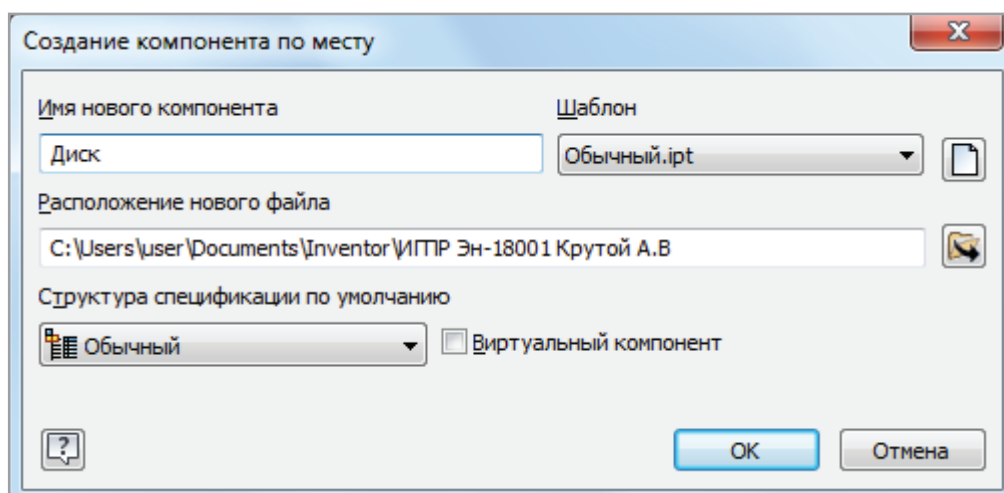


Рис. 4.61. Диалоговое окно «Создание компонента по месту»

Во вкладке «3D-модель» выбираем «Начать 2D-эскиз», задаем плоскость первого эскиза новой детали, рис. 4.62.

Этапы моделирования диска понятны из рис. 4.62–4.67: создание первого эскиза на выбранной координатной плоскости, наложение размерных зависимостей, выдавливание, создание одного отверстия под болт, массив отверстий, завершение редактирования.

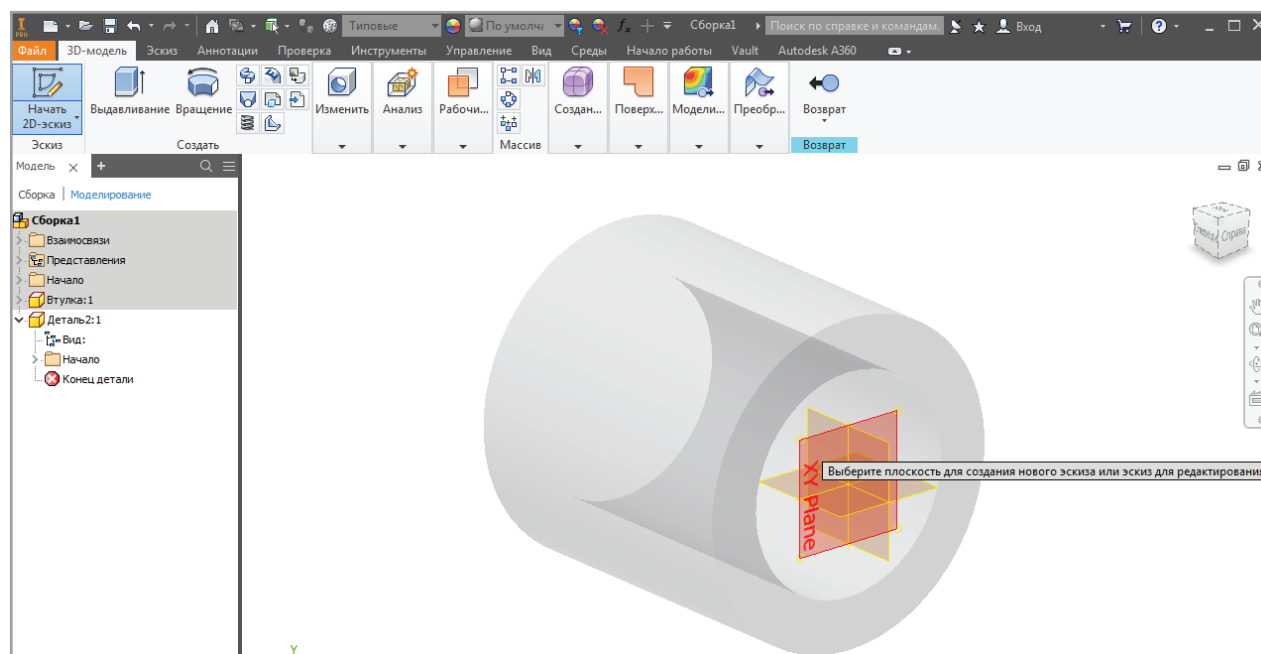


Рис. 4.62. Выбор эскизной плоскости

Вычерчиваем эскиз диска для создания модели, затем его выдавливаем (рис. 4.63).

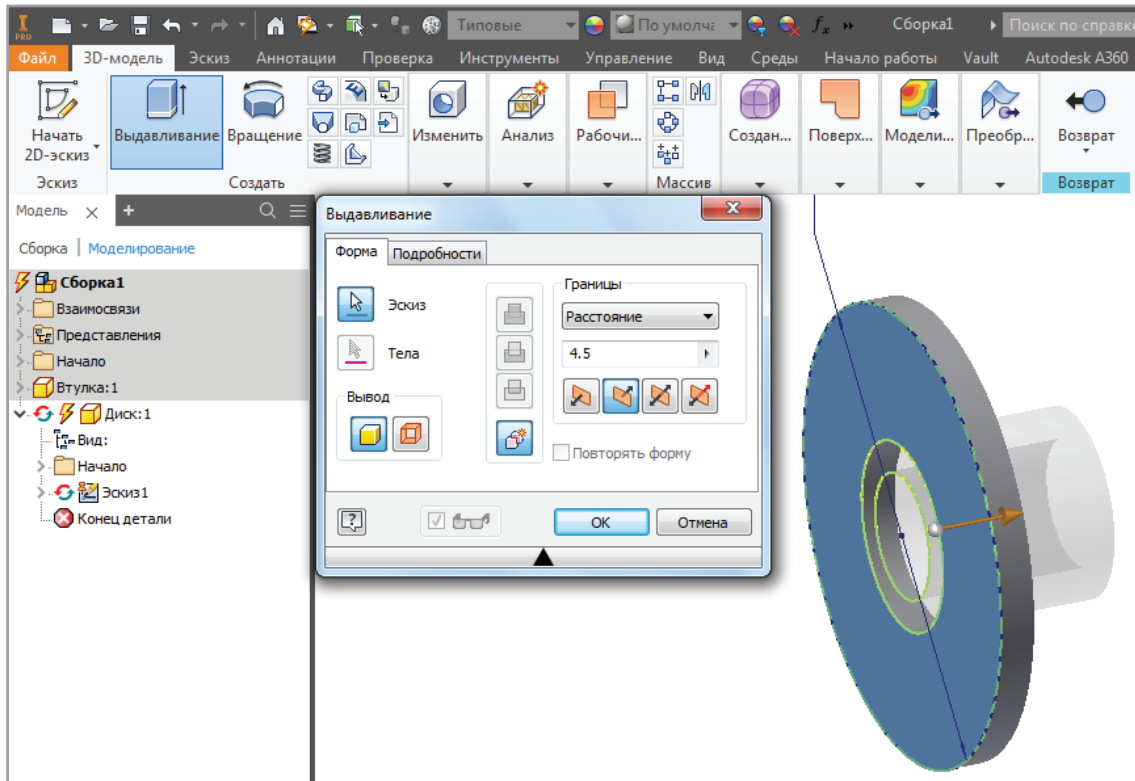


Рис. 4.63. Выдавливание эскиза

Деталь имеет шесть равномерно расположенных одинаковых отверстий. Создаем сначала одно, затем применяем команду «Массив».

Командой «Точка» задаем положение центра отверстия, далее накладываем размерную зависимость для точного расположения отверстия под болт, рис. 4.64.

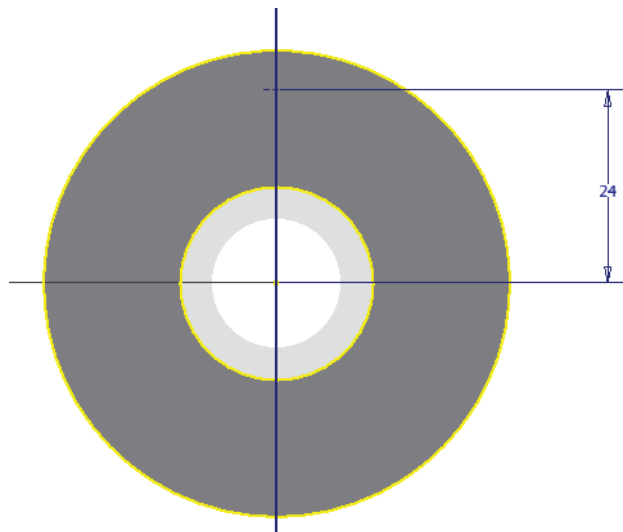


Рис. 4.64. Эскиз для размещения отверстия

Во вкладке «3D-модель» выбираем «Отверстие», задаем параметры (рис. 4.65): размещение отверстия «по эскизу»; отверстие «под болт»; стандарт «ГОСТ» болта и размер резьбового стержня «М12»; ограничение — отверстие «насквозь».

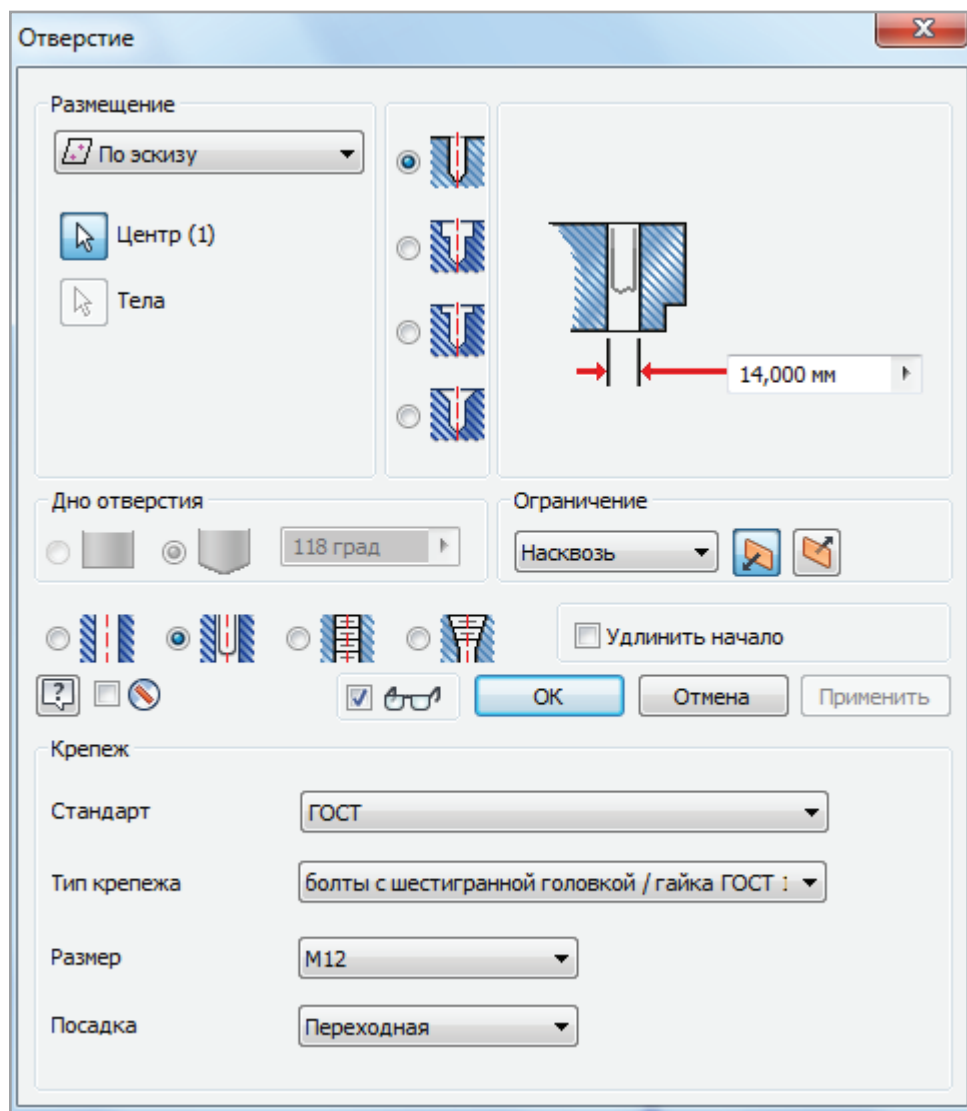


Рис. 4.65. Выбор отверстия под болт

Для создания нескольких одинаковых равномерно расположенных отверстий используем команду «Круговой массив», рис. 4.66. Для кругового массива необходимо указать ось, вокруг которой будет поворачиваться элемент, и количество элементов.

Создав модель диска в сборке, необходимо «закончить редактирование», используя контекстное меню, рис. 4.67.

Построения остальных деталей, входящих в сварную конструкцию, выполняются по такой же схеме.

В браузере (модели) на рис. 4.68 отражены геометрические зависимости между элементами сборки.

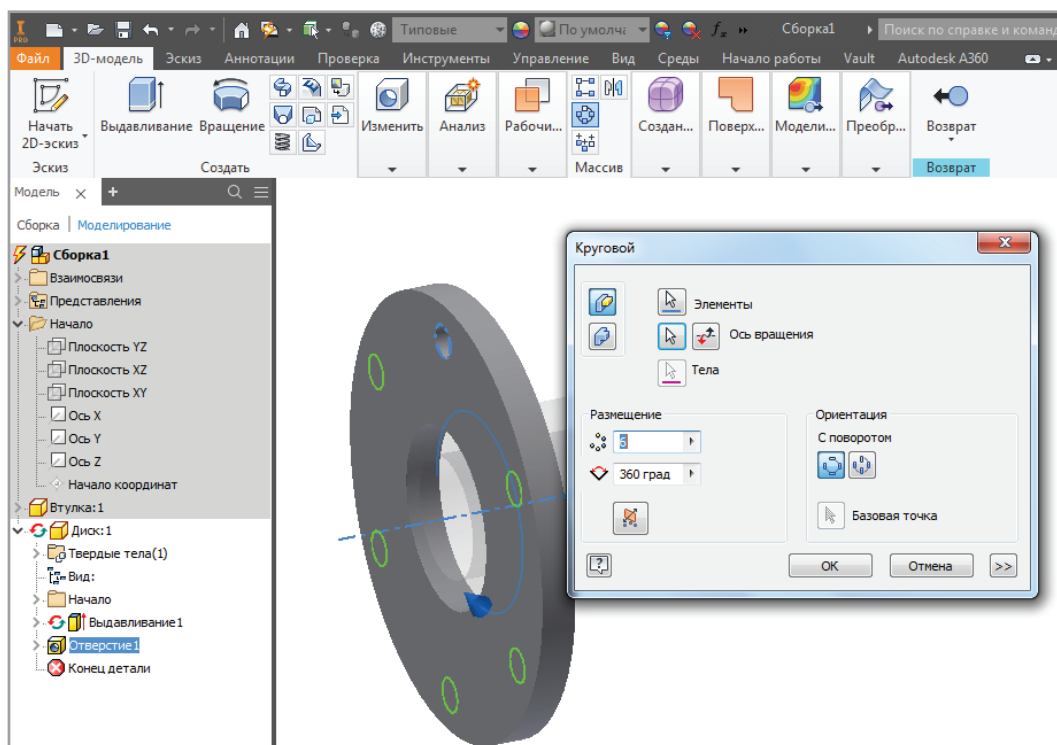


Рис. 4.66. Массив отверстий

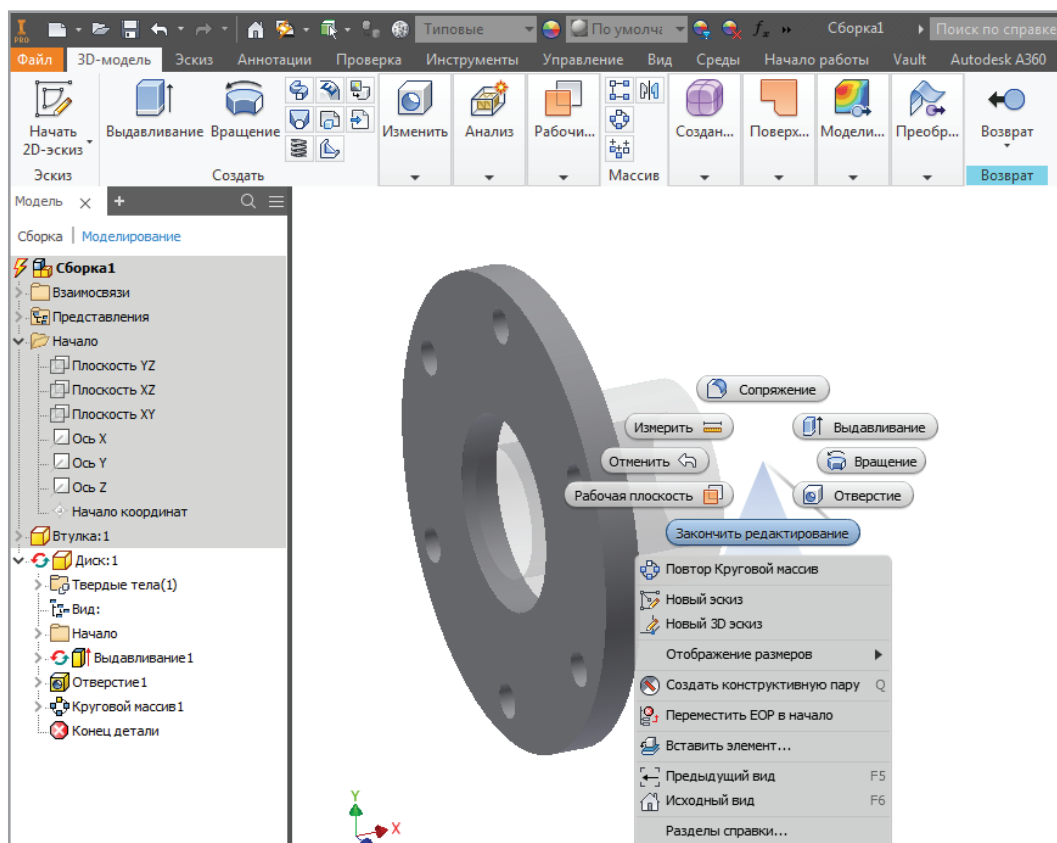


Рис. 4.67. Завершение редактирования компонента

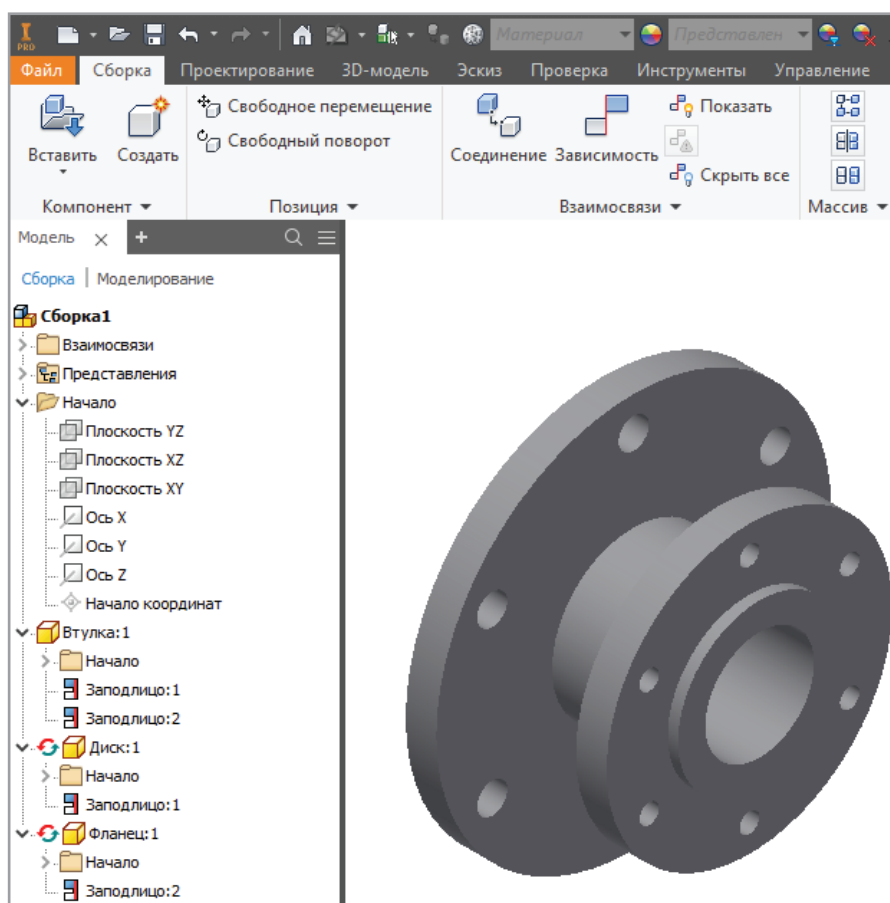


Рис. 4.68. Втулка с фланцем и диском

Крышка имеет также два ребра. Создадим сначала одно, а затем зеркальным отражением получим второе ребро, рис. 4.69.

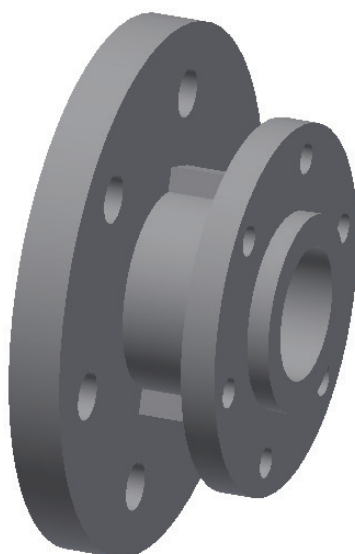


Рис. 4.69. Модель сборки «Крышка»

При проектировании приходится работать с разными уровнями сборки. Часто возникает необходимость редактирования зависимостей и других свойств на уровне сборки или редактирования отдельных компонентов сборки.

Чтобы изменять компонент в сборке, его нужно активировать. Активирован может быть только один компонент сборки. Редактированию подлежит компонент, который активирован в данный момент.

Существует несколько способов активизации компонента в сборке: в графическом окне или в браузере нужно дважды щелкнуть деталь; в браузере или графическом окне щелкнуть правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать пункт «Правка»; в браузере или графическом окне щелкнуть правой кнопкой мыши и в контекстном меню выбрать пункт «Открыть».

Деталь открывается в отдельном окне, все изменения автоматически переносятся в сборку.

На рис. 4.70 показан активный компонент в контексте сборки.

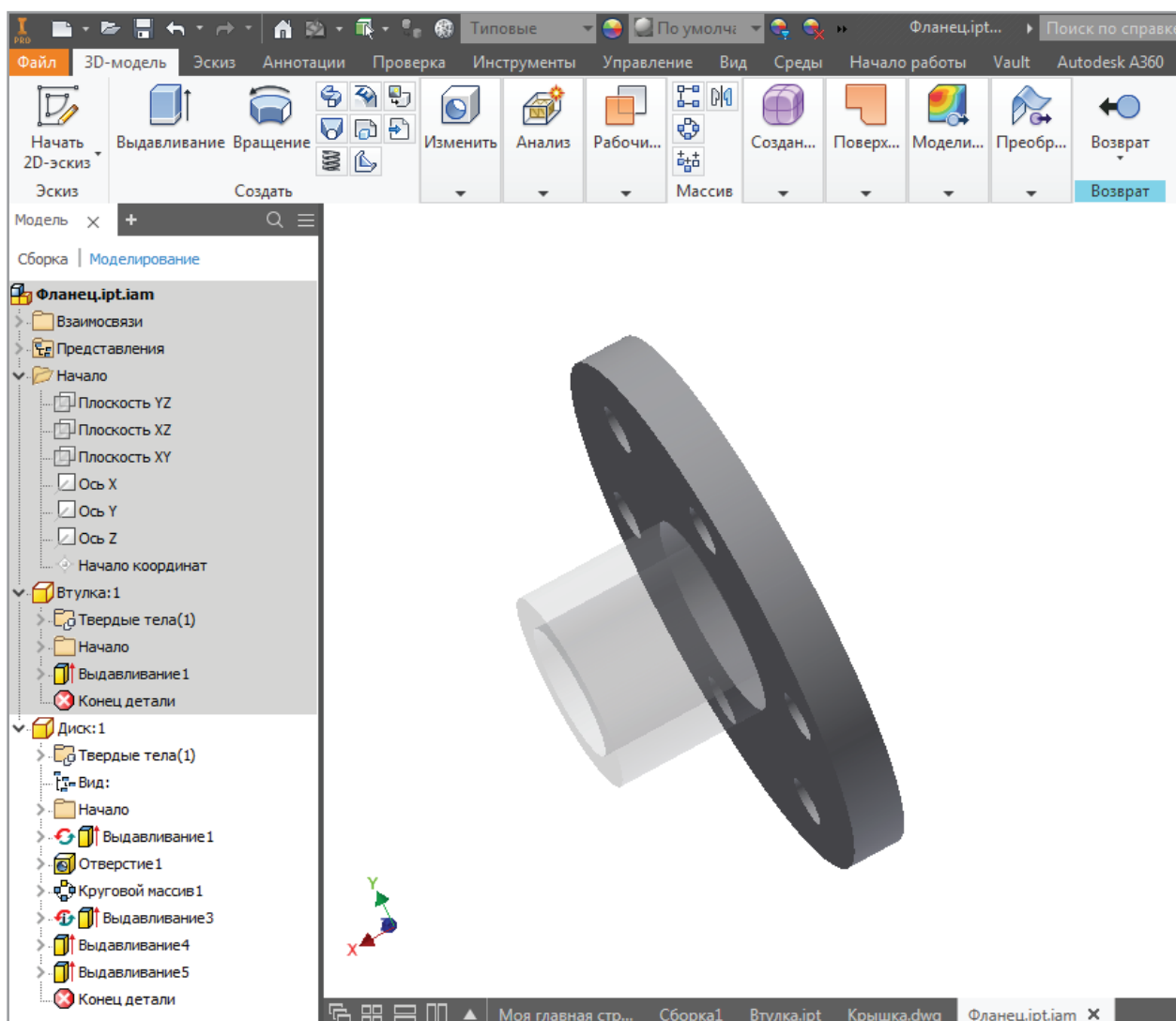


Рис. 4.70. Активная деталь сборки «Диск»

Сварка является распространенным средством сборки. К рабочим частям сборки могут быть применены такие операции, как подготовка к сварке, добавление косметических или выпуклых швов, станочная обработка.

После сборки все детали сохраняются в одном файле. Сварка может использоваться как входящая сборка в других сборках верхнего уровня.

Инструменты Autodesk Inventor для проектирования сварной конструкции построены с учетом рабочего процесса сварки и требований производства. Это делает процесс редактирования более простым, когда нужно внести изменения в сварную конструкцию.

Сварные швы добавляются в сварку только в среде создания сварных конструкций и не требуют сохранения множества файлов.

### Преобразование сборки в сварную конструкцию

Для соединения деталей сваркой необходимо конвертировать сборку в сварную конструкцию.

Для активизации команд сварки нужно выбрать «Преобразовать в сварную конструкцию» во вкладке «Среды», рис. 4.71.

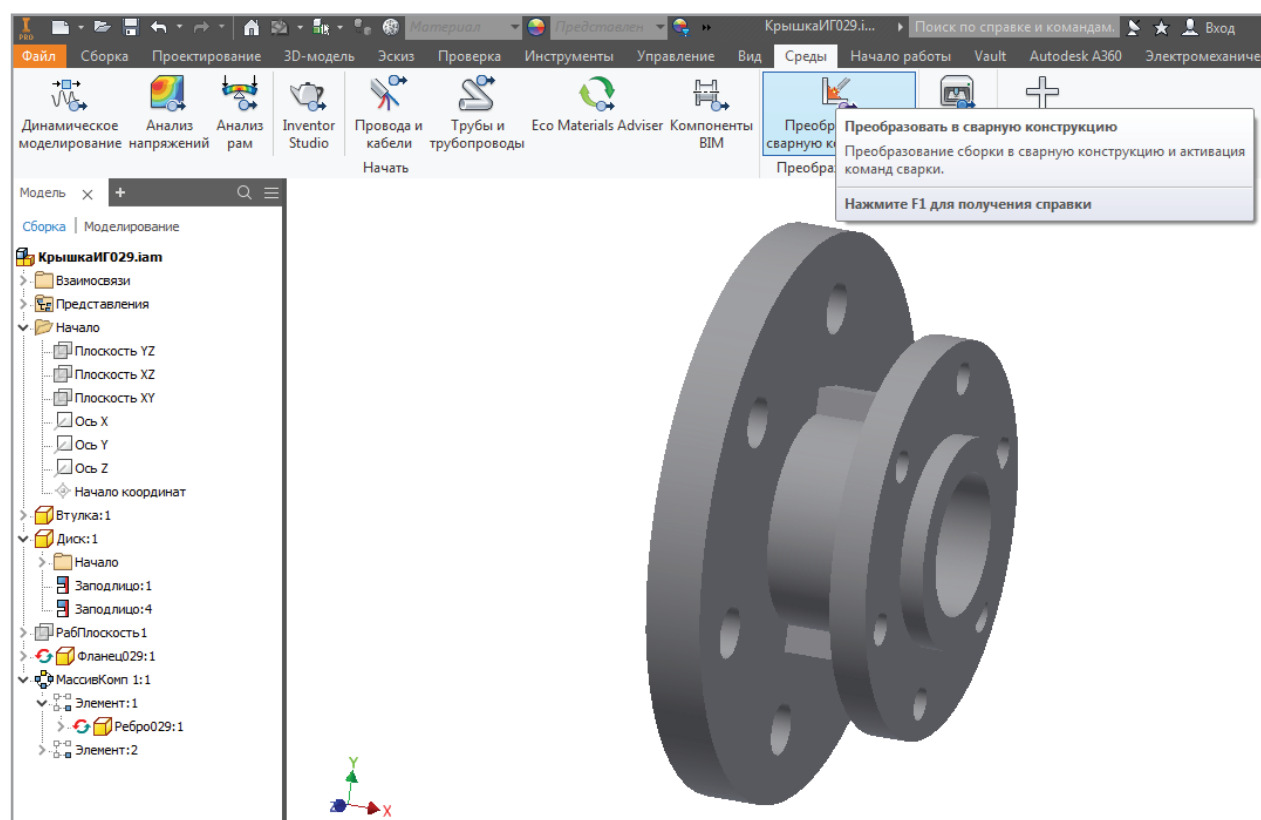


Рис. 4.71. Преобразование модели в сварную конструкцию

В предупреждающем диалоговом окне нажимаем кнопку «Да», рис. 4.72.



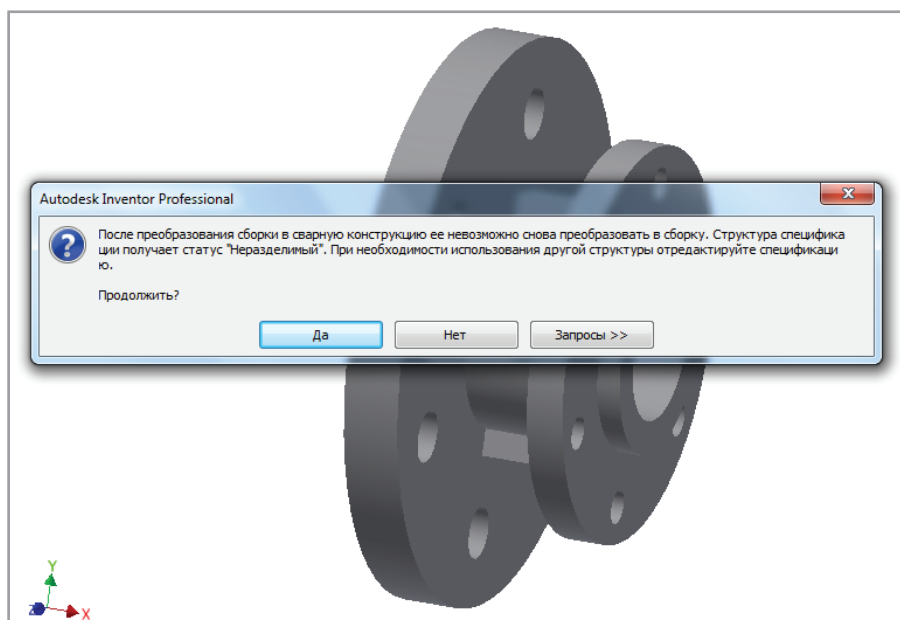


Рис. 4.72. Предупреждающее диалоговое окно

В диалоговом окне «Преобразование в сварную конструкцию» в качестве стандарта выбираем стандарт *ISO*, в качестве сварочного материала — «Сталь, мягкая, сварочная» и структуру спецификации — «Обычный», рис. 4.73.

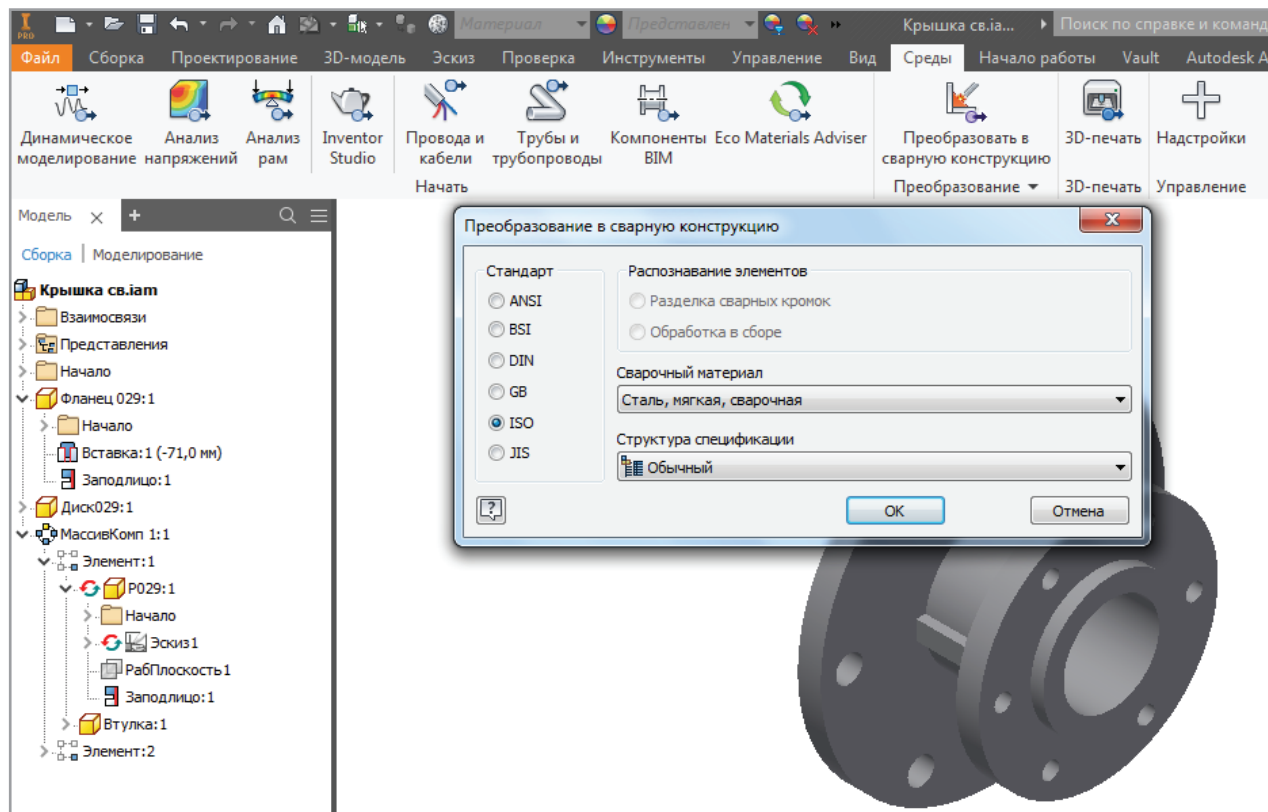


Рис. 4.73. Диалоговое окно «Преобразование в сварную конструкцию»

Вид ленты изменился (рис. 4.74), появились элементы «Подготовка, Сварные швы, Обработка». Каждая команда содержит индивидуальные конструктивные элементы, моделирующие соответствующий технологический процесс.

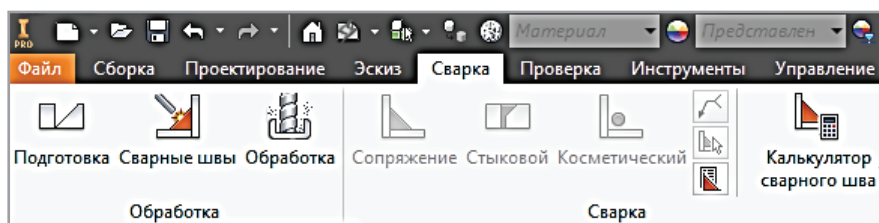


Рис. 4.74. Вкладка ленты «Сварка»

В Autodesk Inventor доступны три типа сварных швов: «Сопряжение», «Стыковой» и «Косметический», рис. 4.75. Сварные швы могут быть прерывистыми либо непрерывными по всей длине.

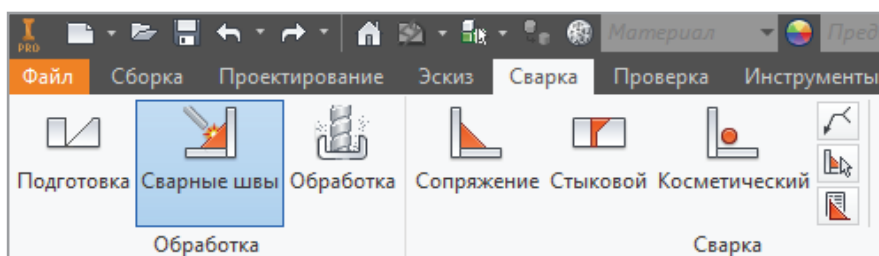


Рис. 4.75. Виды сварных швов

Чтобы создать шов сопряжения, необходимо выбрать две грани, задать длину катета сварного шва, рис. 4.76.

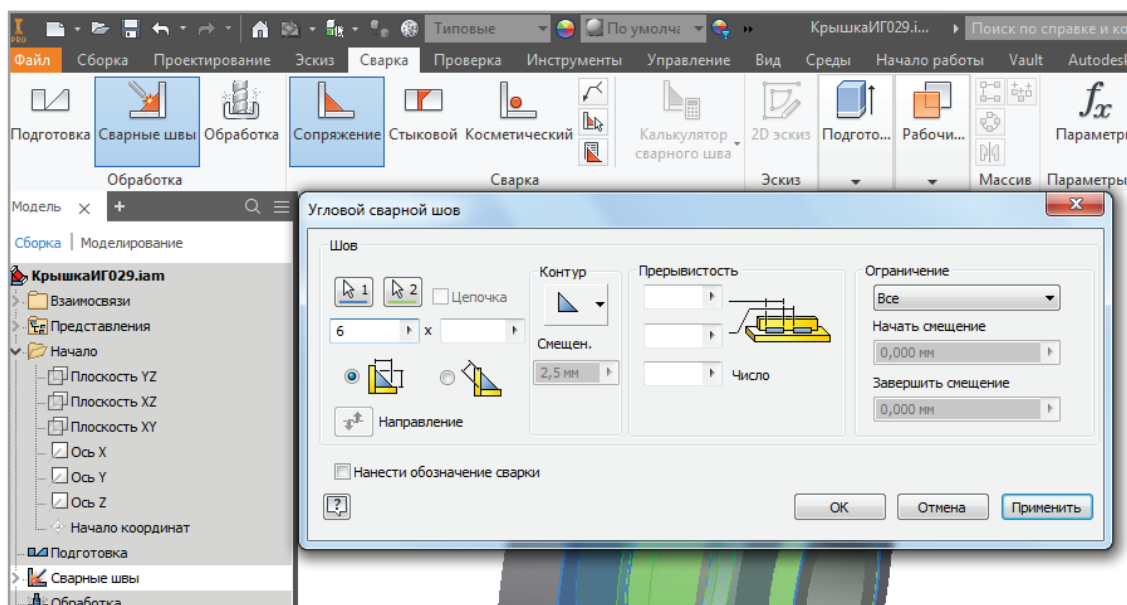


Рис. 4.76. Диалоговое окно «Угловой сварной шов»

На пересечении двух деталей создается объемный угловой сварной шов. Аналогично создаются объемные сварные швы между другими деталями крышки.

После добавления сварных швов необходимо «закончить редактирование», рис. 4.77.

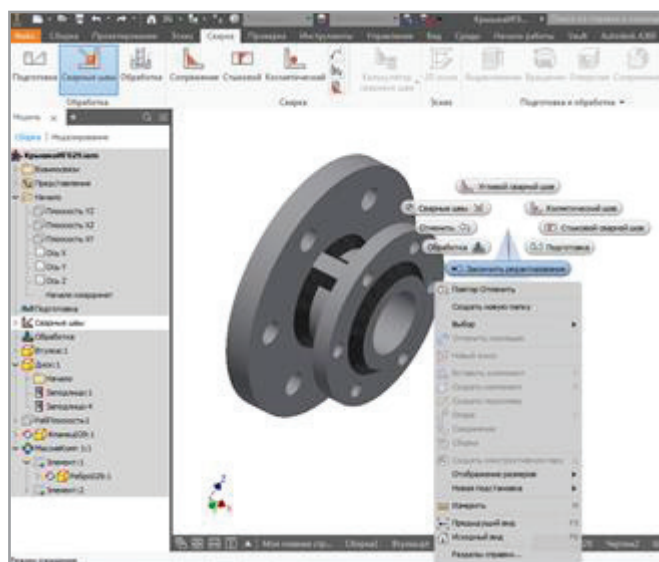


Рис. 4.77. Контекстное меню, завершение редактирования

На рис. 4.78 показана модель крышки с объемными сварными швами.

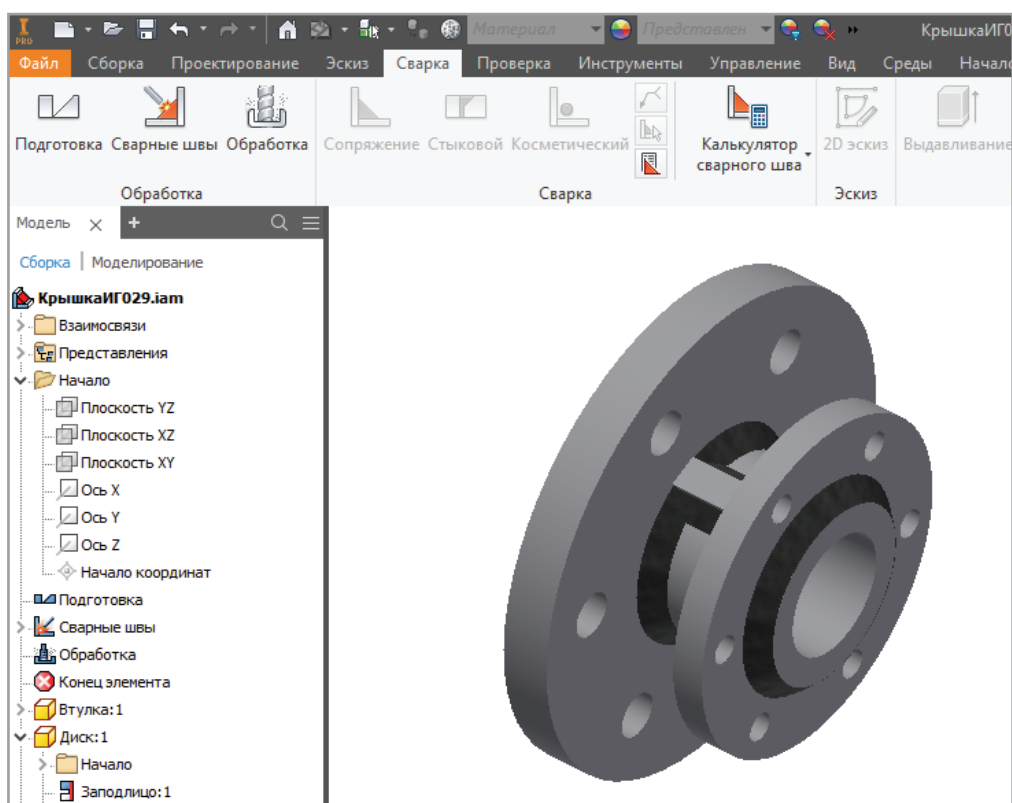


Рис. 4.78. Крышка с объемными сварными швами

### Чертеж сварной крышки

Чертеж сварной крышки является сборочным чертежом. Выполняем его на формате А3, конструкцию передаем фронтальным разрезом и видом слева, рис. 4.79.

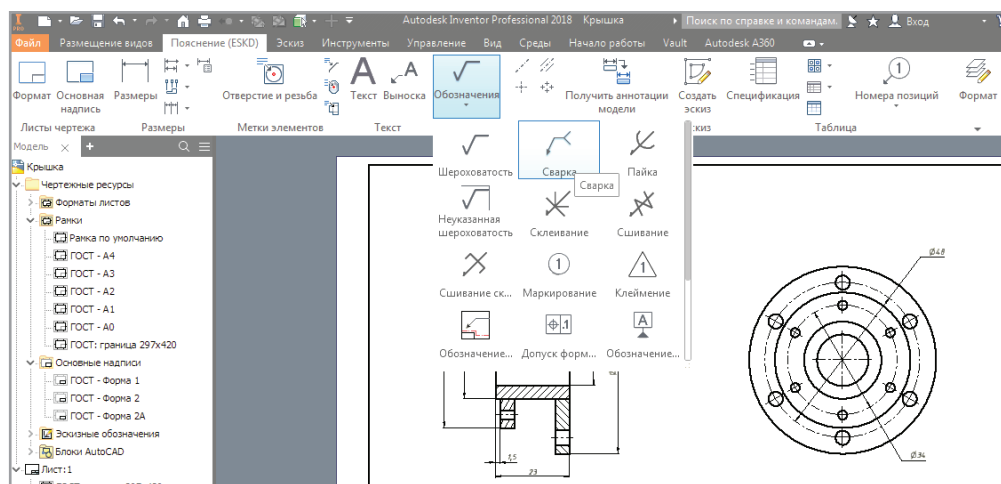


Рис. 4.79. Обозначение сварных швов на чертеже

Сварные швы изображаются условно, см. раздел 2.4, поэтому в браузере модели отключаем видимость сварных швов.

Для обозначения сварных швов во вкладке «Прояснение (ESKD)» в панели «Обозначение» выбираем команду «Сварка». Структура и примеры обозначений сварных швов рассмотрены в разделе 2.4.

Пример сборочного чертежа сварной крышки приведен в прил. 1.

### 4.6.2. Модель шпилечного соединения корпуса и рамы

Корпус крепится к раме с помощью двух шпилек. Стандартные крепежные детали, входящие в шпилечное соединение, выбираются из «Библиотеки компонентов» *Inventor* в соответствии с расчетами, приведенными в пояснительной записке.

Из рис. 4.80–4.86 понятна методика создания модели сборки.

1. В среде «Сборка» открываем созданные ранее файлы моделей рамы и корпуса, рис. 4.80.
2. Выбираем из «Библиотеки компонентов» шпильки, рис. 4.81.
3. Вворачиваем шпильки в резьбовые отверстия рамы.
4. Устанавливаем корпус, используя зависимости «Вставка», рис. 4.82, рис. 4.83.
5. Выбираем из «Библиотеки компонентов» и устанавливаем шайбы, затем гайки, рис. 4.84–4.86.

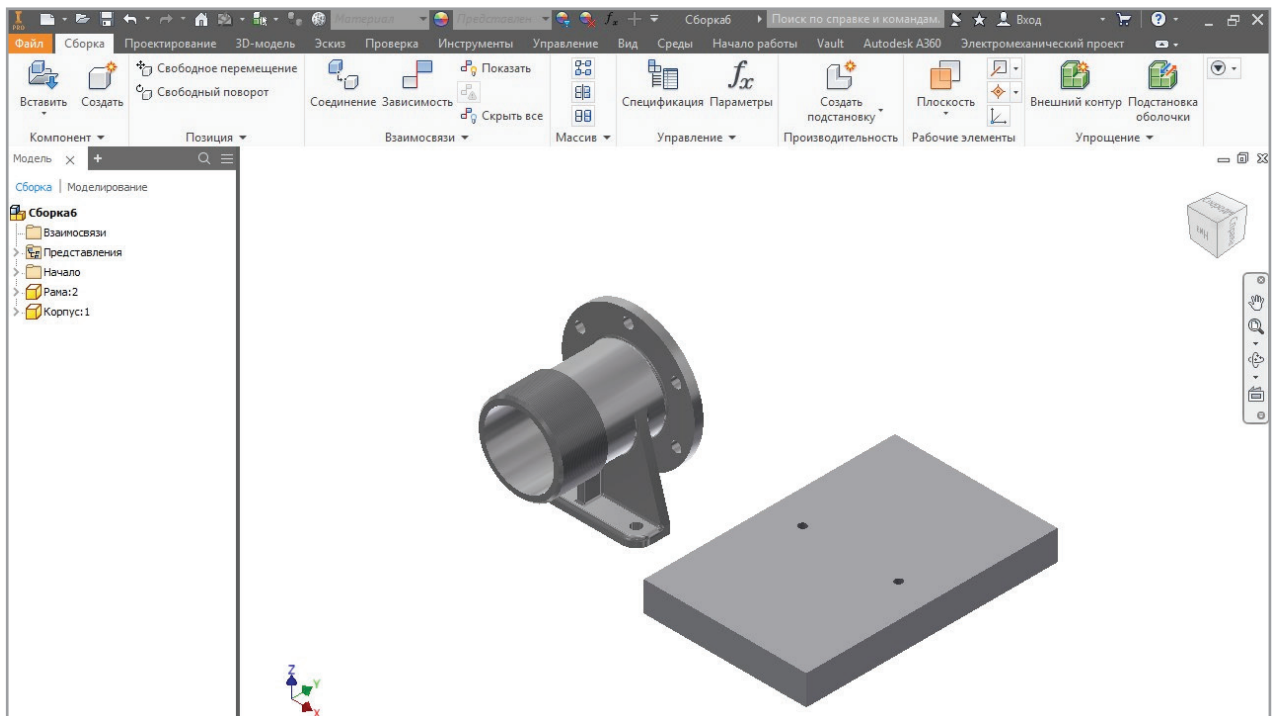


Рис. 4.80. Модели корпуса и рамы, открытые в среде «Сборка»

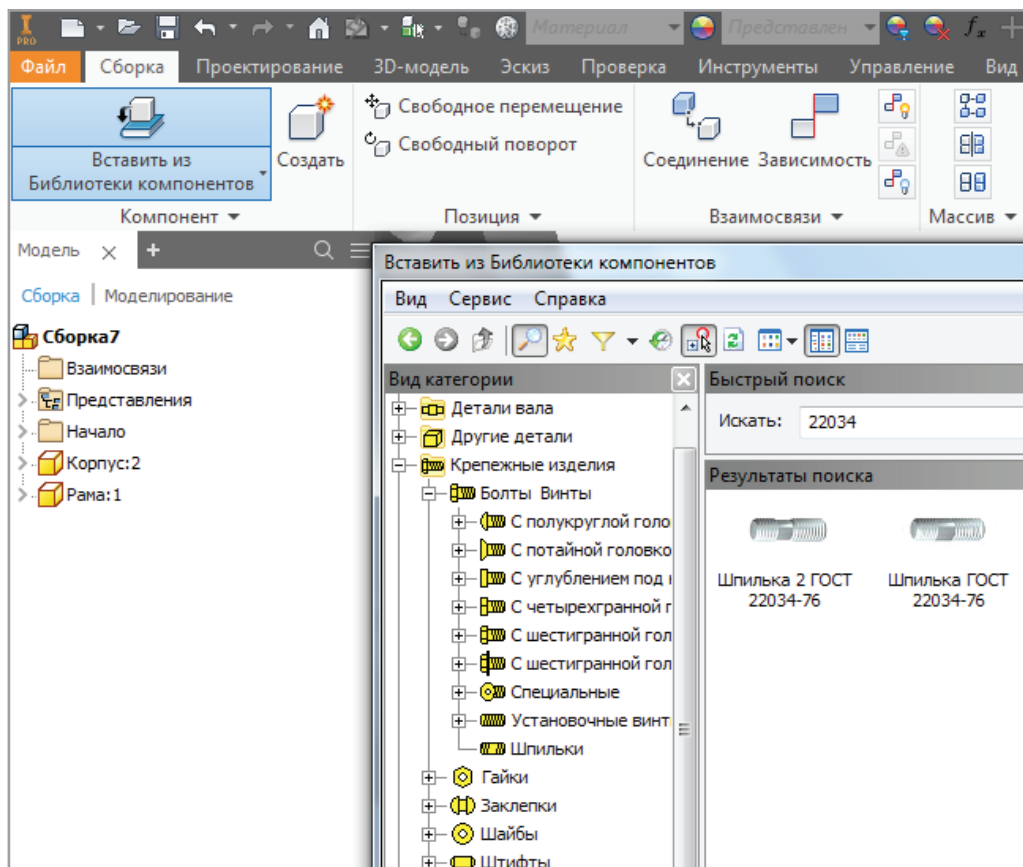


Рис. 4.81. Выбор шпильки из библиотеки компонентов

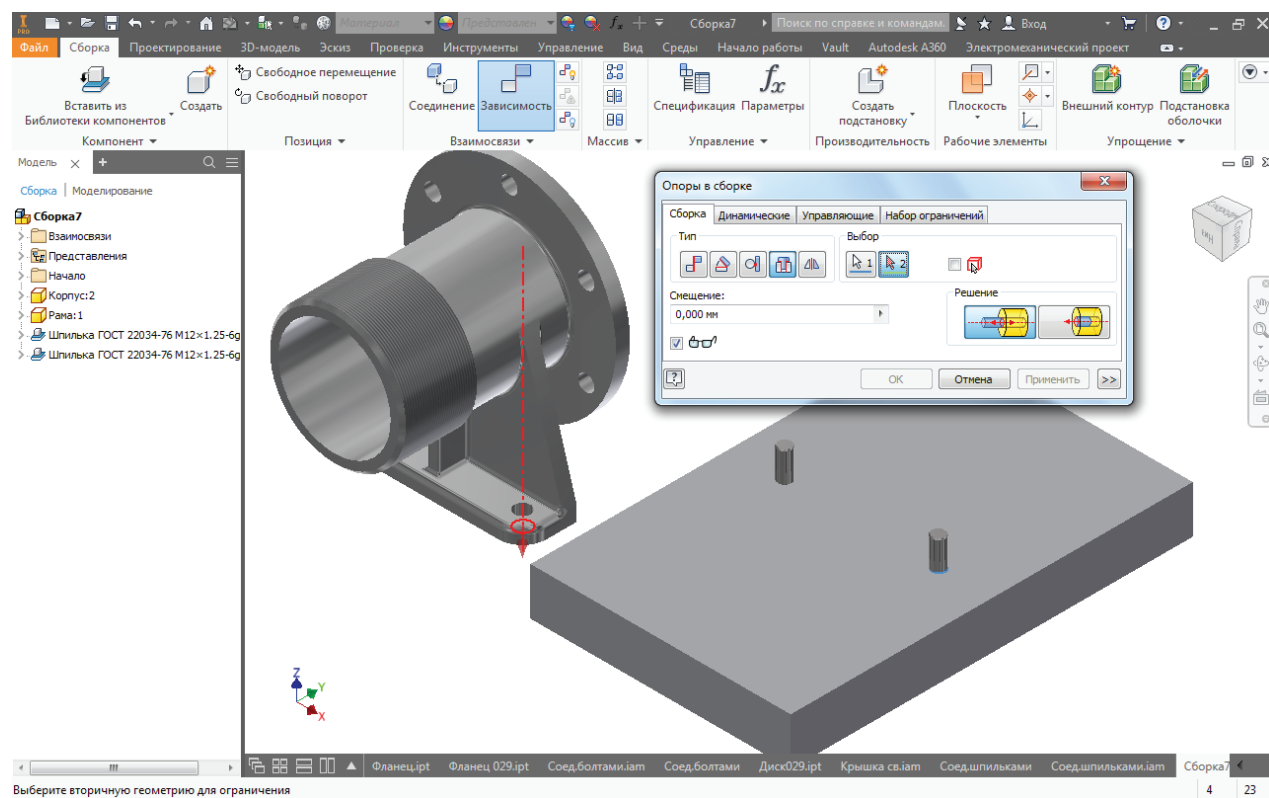


Рис. 4.82. Наложение зависимости «Вставка»

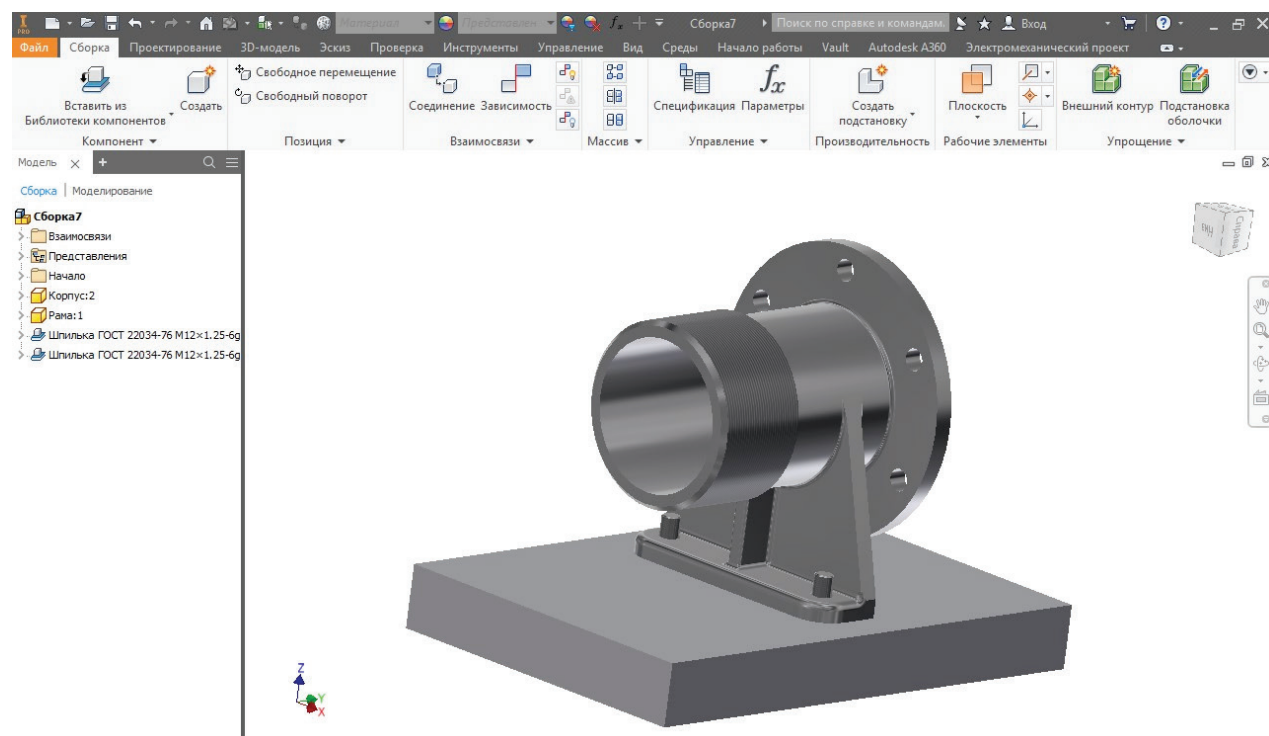


Рис. 4.83. Корпус, совмещенный с свернутыми в раму шпильками



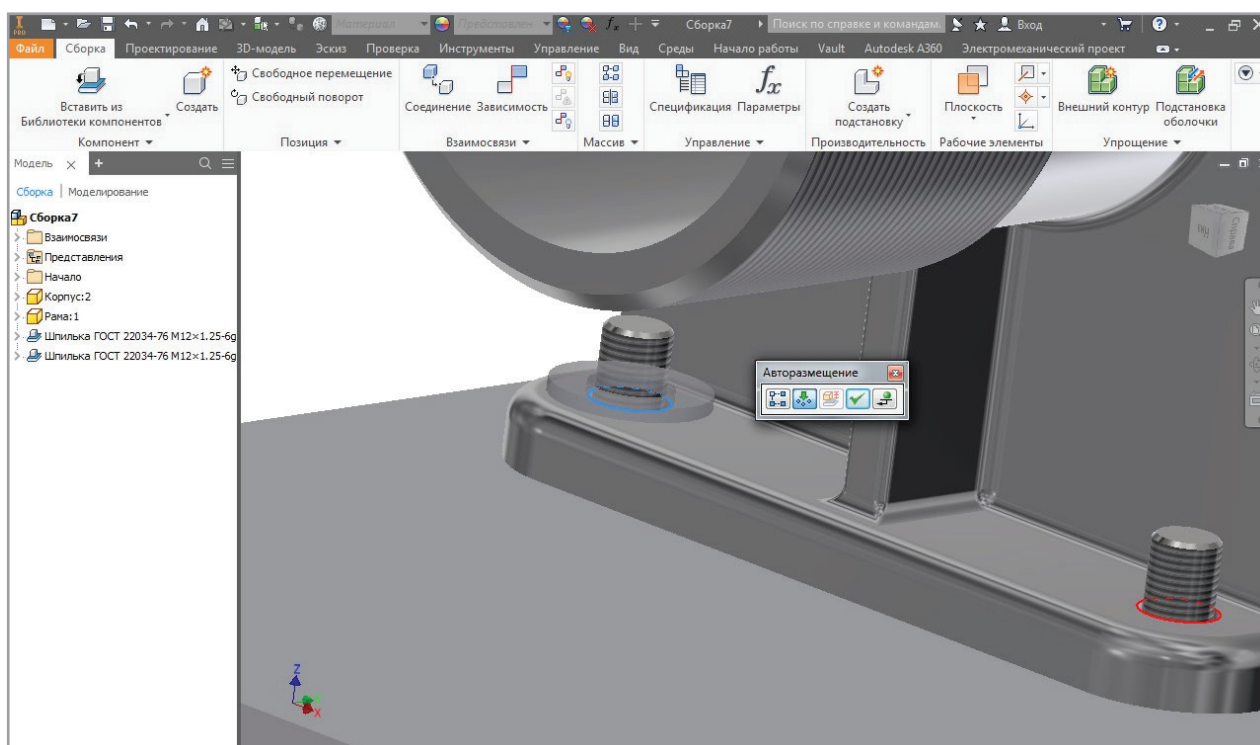


Рис. 4.84. Установки шайб, выбранных в библиотеке компонентов

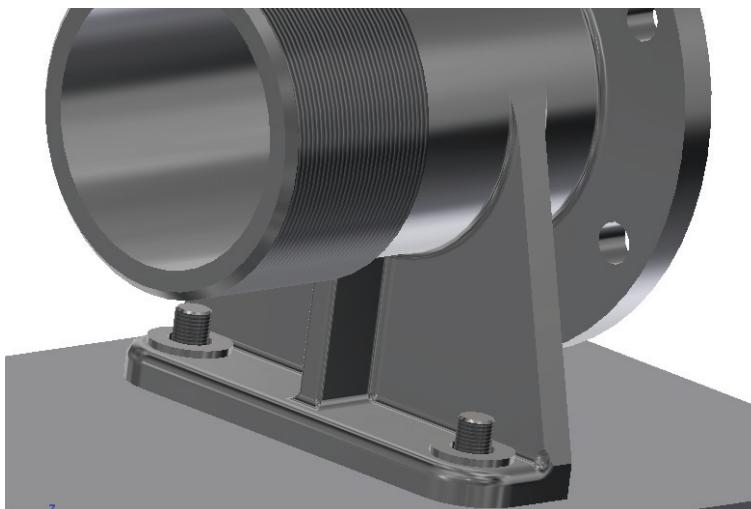


Рис. 4.85. Установленные шайбы

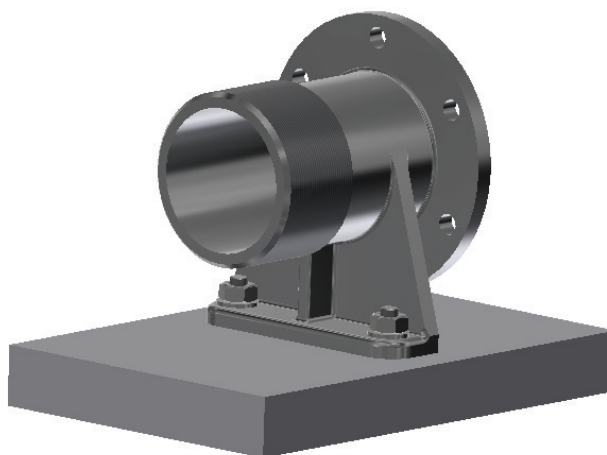


Рис. 4.86. Шпильчатое соединение корпуса с рамой

#### 4.6.3. Модель болтового соединения корпуса и сварной крышки

Сварная крышка присоединена шестью болтами к корпусу, который установлен на раме.

1. Командой «Вставить» в среде «Сборка» открываем созданные файлы крышки корпуса с рамой, рис. 4.87.

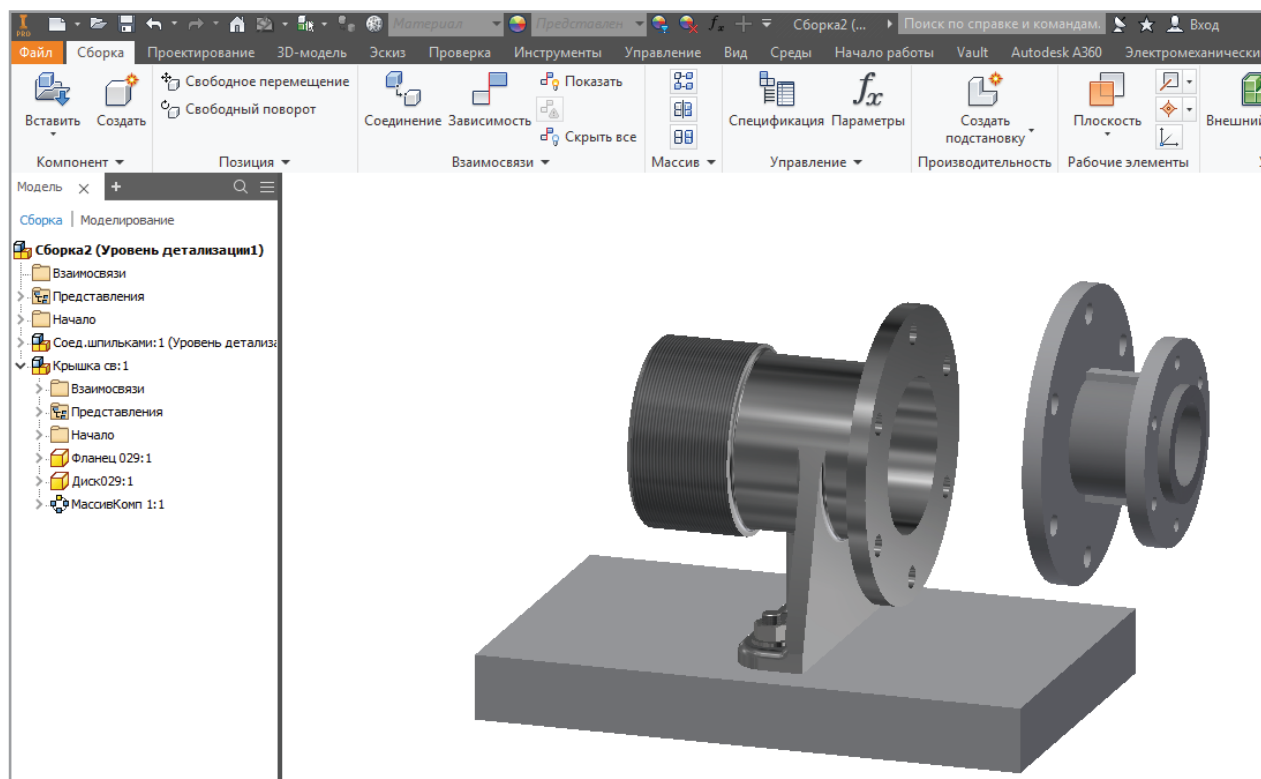


Рис. 4.87. Модели, открытые в среде «Сборка»



## 2. Накладываем «Зависимость — Вставка» для соединения фланцев, рис. 4.88.

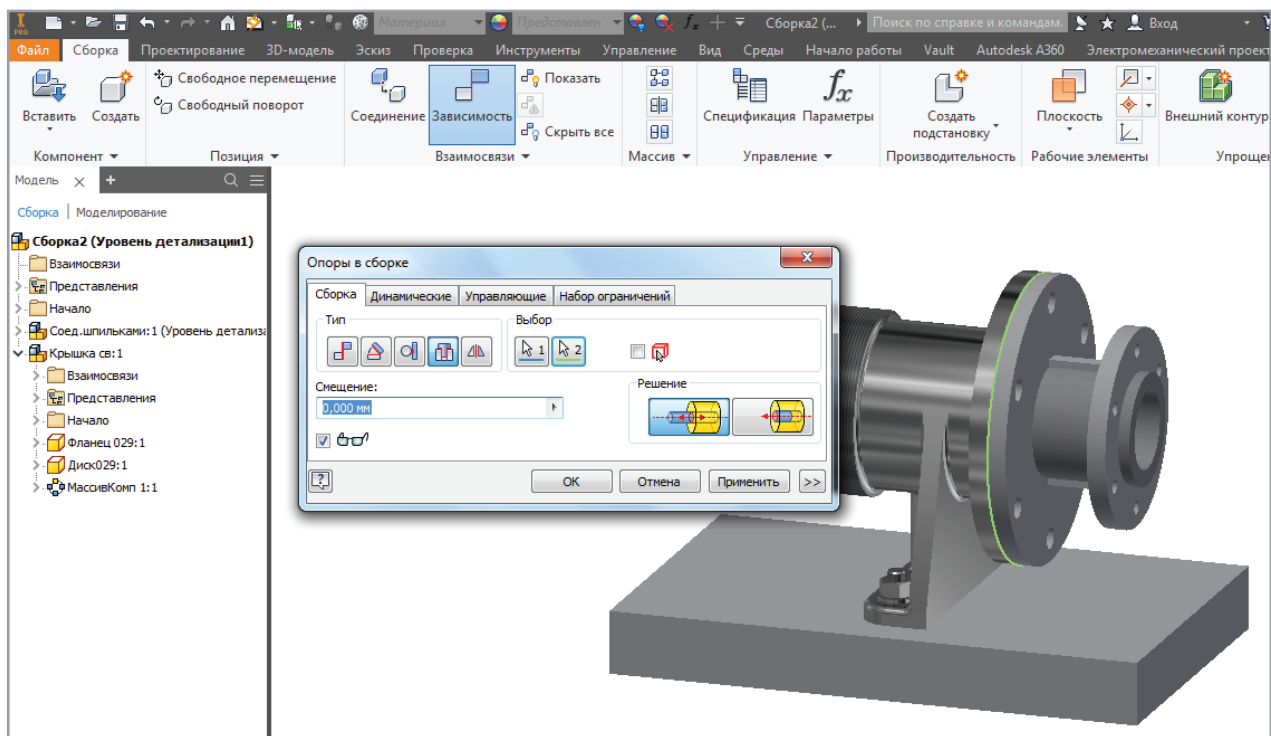


Рис. 4.88. Соединение фланцев корпуса и крышки

## 3. Болтовое соединение создаем с помощью мастера проектирования, рис. 4.89. Открываем на ленте во вкладке «Проектирование — Болтовое соединение».

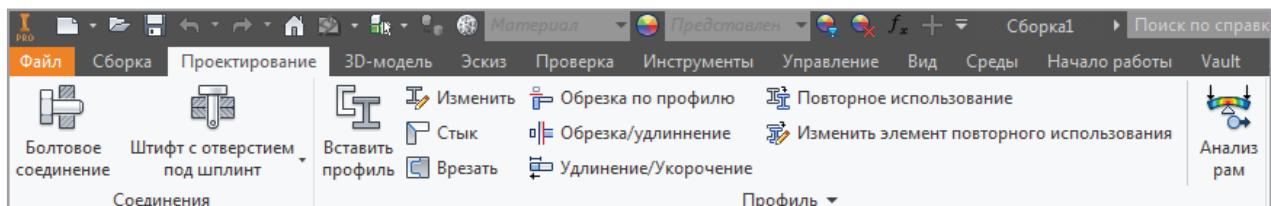


Рис. 4.89. Вкладка «Проектирование». Инструмент «Болтовое соединение»

Во вкладке «Модель» диалогового окна, рис. 4.90, выбираем: Тип — «Насквозь», Размещение — «По отверстию», в области «Резьба» указываем тип резьбы — «ISO» метрическая, номинальный диаметр 12 мм.

В графической области указываем на моделях последовательно начальную плоскость со стороны головки, имеющееся отверстие для болтового соединения, плоскость ограничения (со стороны шайбы и гайки).

Формируем болтовое соединение. Выбираем компоненты болтового соединения (болт, шайбу и гайку), используя кнопку «Щелкните, чтобы добавить крепеж» в правой части диалогового окна.

Генератор автоматически предлагает добавить шайбу после выбора болта, затем выбрать из «Библиотеки компонентов» гайку. Отверстия в моделях под болтовые со-



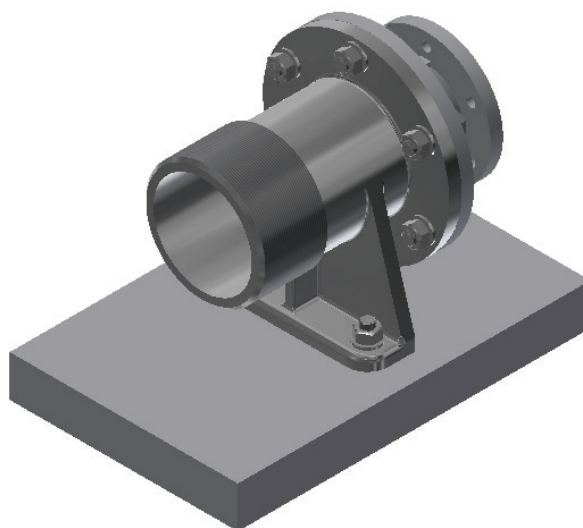


Рис. 4.92. Соединение корпуса с рамой и крышкой

#### 4.6.4. Модель сборочного узла с пружиной

В сборочный узел, промежуточную сборочную единицу изделия «Амортизатор», входят: шток, втулка-стопор, пружина, упор, гайка с шайбой.

Рассмотрим последовательность создания сборочного узла, рис. 4.93–4.100.

1. В среде «Сборка» с помощью команды «Вставить» открываем созданные ранее модели штока и втулки-стопора, рис. 4.93.

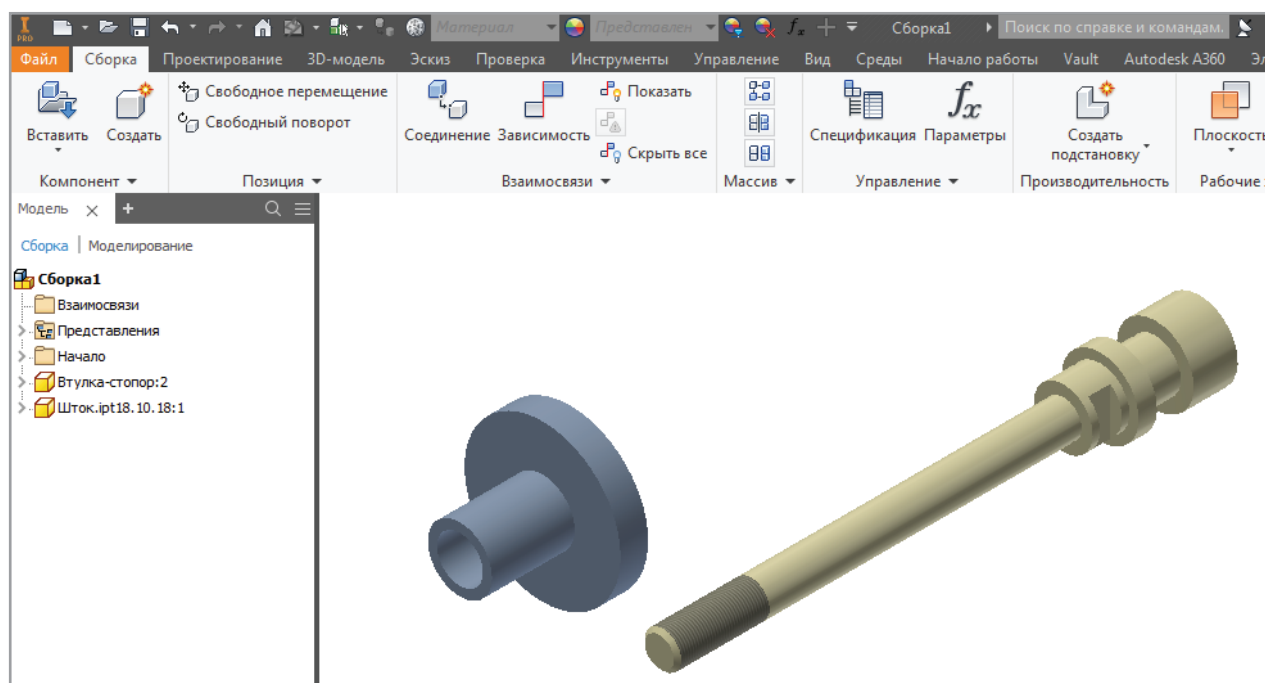


Рис. 4.93. Модели штока и втулки-стопора в среде «Сборка»

## 2. Накладываем «Зависимость — Вставка», рис. 4.94.

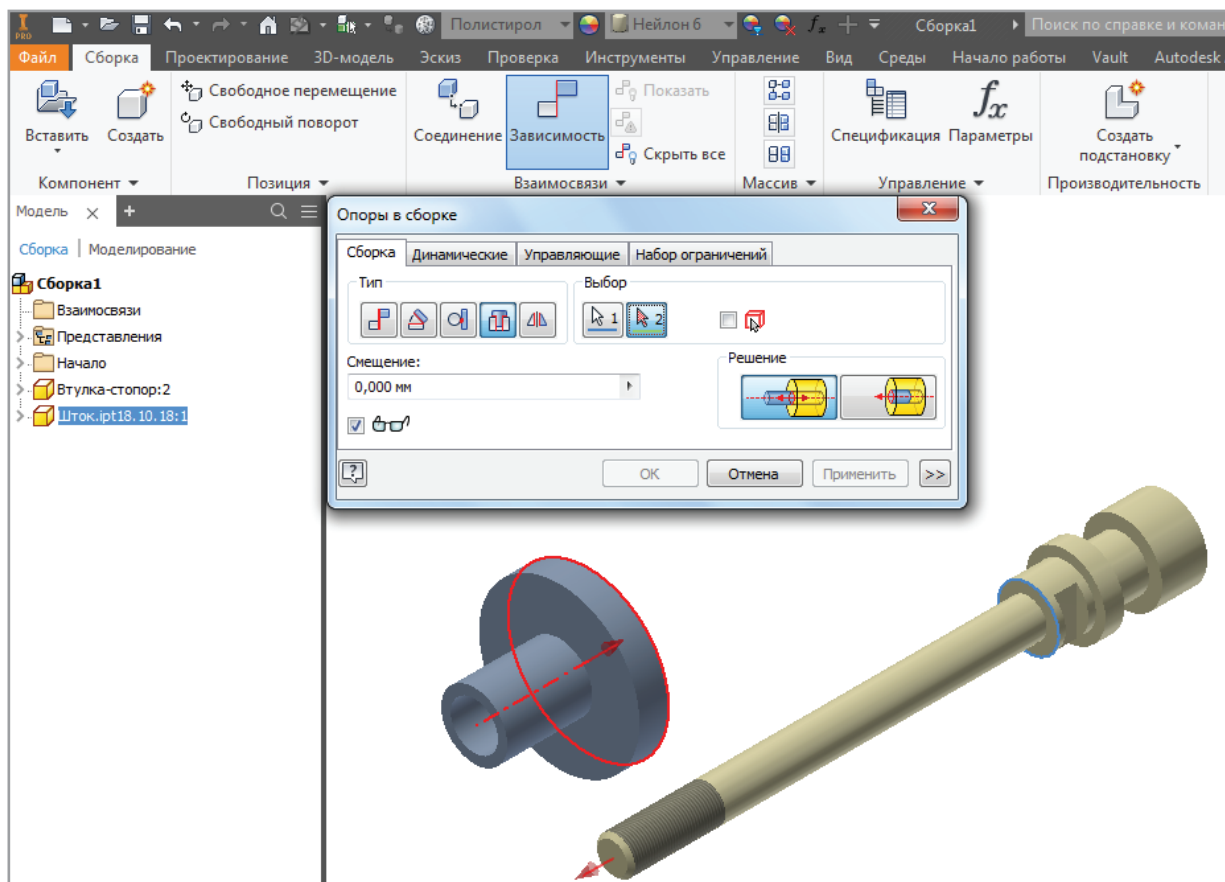


Рис. 4.94. Наложение сборочной зависимости

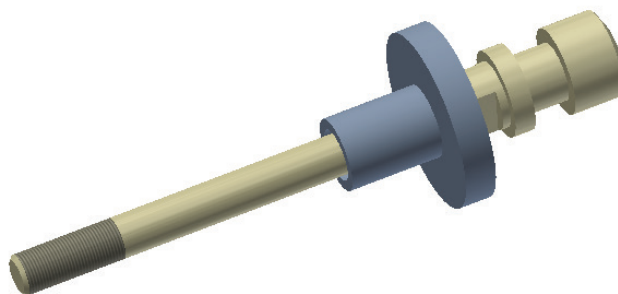


Рис. 4.95. Соединенные шпиндель и втулка-стопор

## 3. С помощью мастера «Проектирование» генерируем пружину, рис. 4.96.

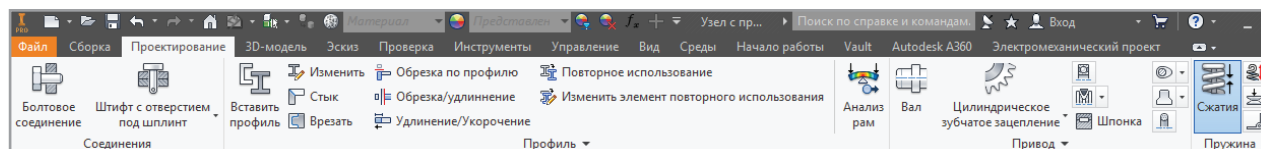


Рис. 4.96. Вкладка «Проектирование»

4. В диалоговом окне «Генератор компонентов пружины сжатия», рис. 4.97, выбираем размещение — ось и плоскую грань; указываем длину пружины  $L$ , направление навивки — правое, диаметр проволоки  $d$ , диаметр наружный  $D_1$ . Размеры должны соответствовать заданию

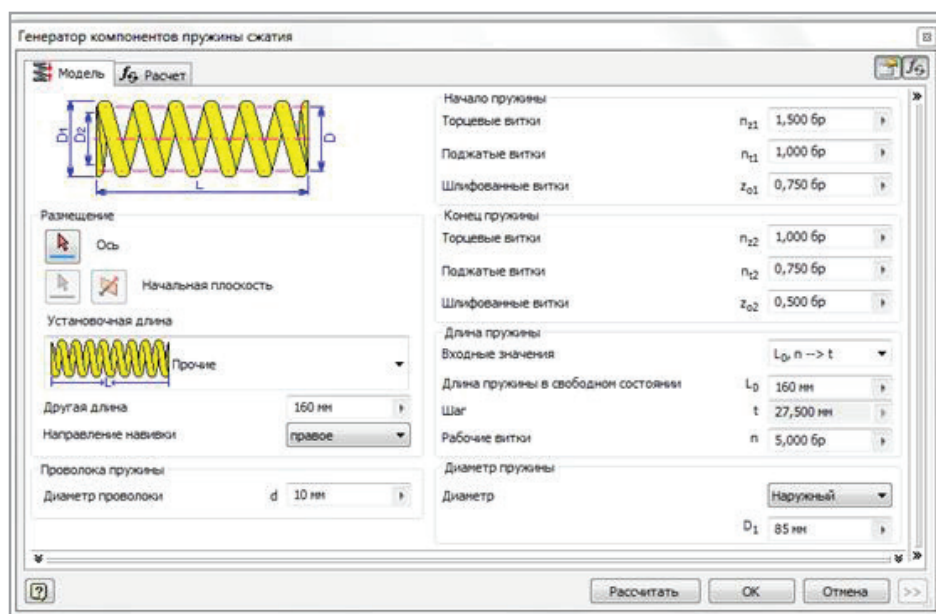


Рис. 4.97. Диалоговое окно «Генератор компонентов пружины сжатия»

На рис. 4.98 показана сгенерированная пружина.

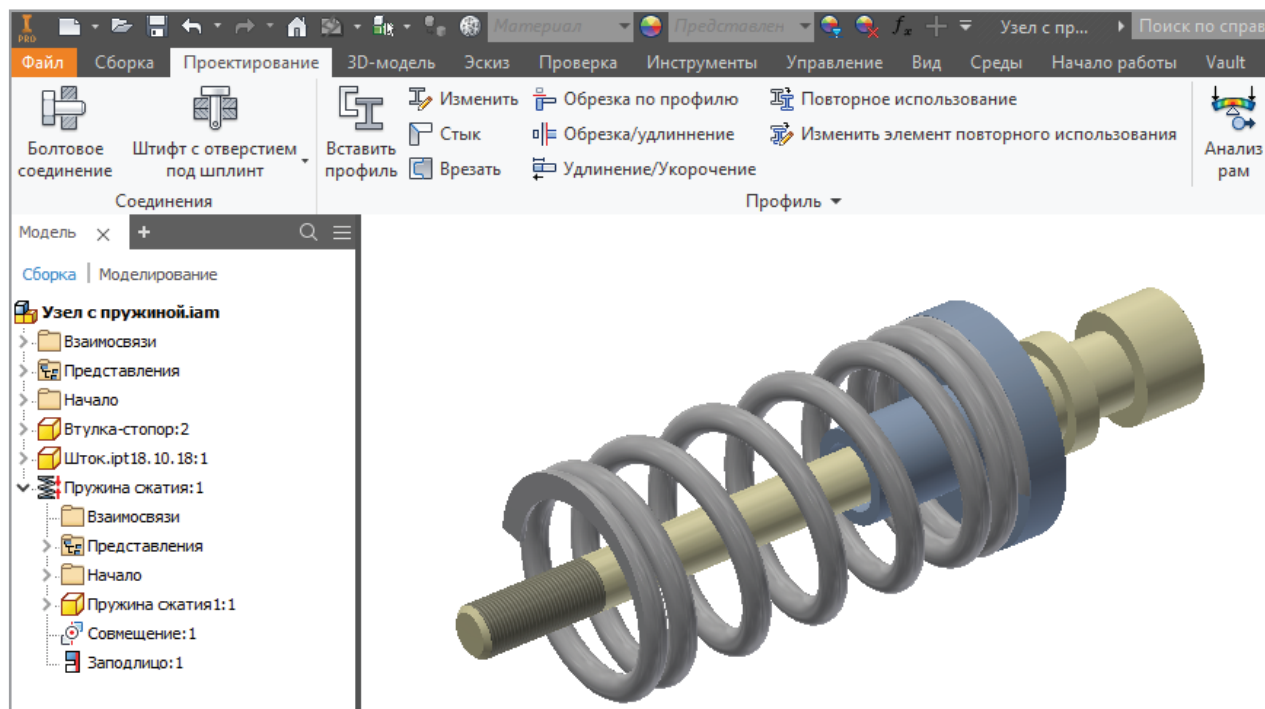


Рис. 4.98. Шток, втулка-стопор с пружиной

5. В среде «Сборка» открываем созданную ранее модель упора и для размещения его в сборке накладываем зависимость «Вставить» со сдвигом, рис. 4.99.

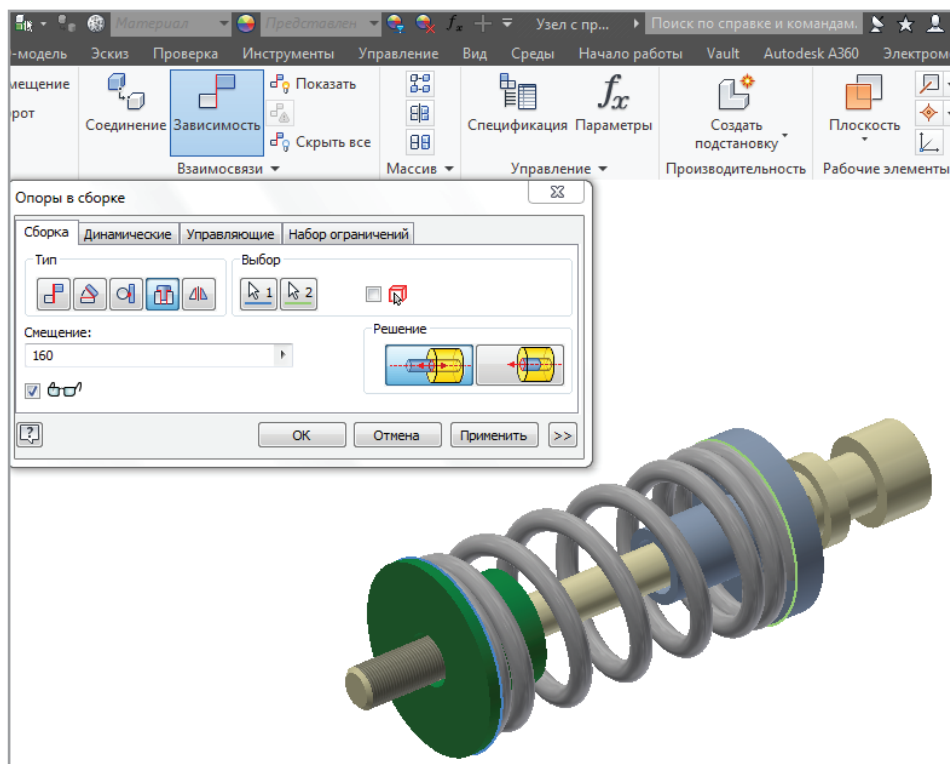


Рис. 4.99. Упор, размещенный в сборке

6. Пользуясь «Библиотекой компонентов», добавляем в сборку стандартные крепежные изделия, шайбу и гайку, рис. 4.100.

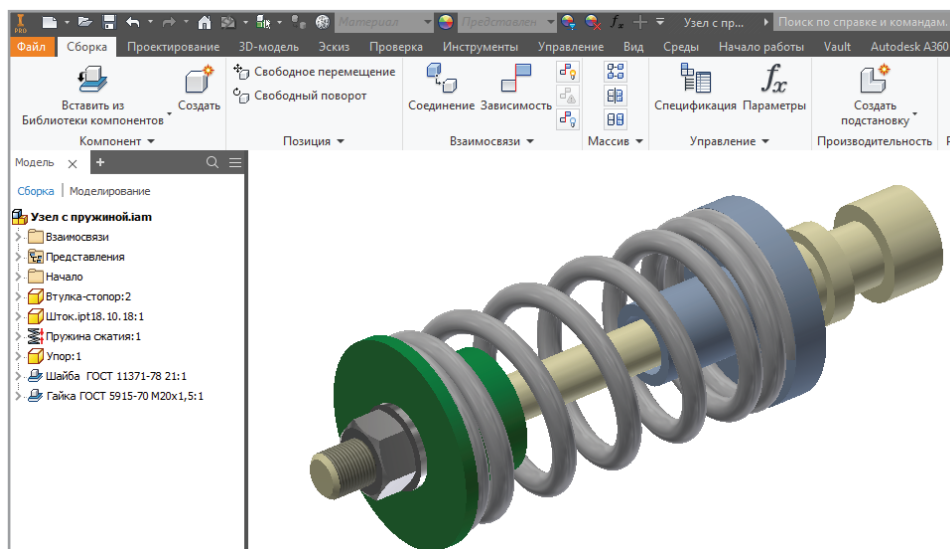


Рис. 4.100. Узел шпинделя с установленной пружиной



## Библиографический список

---

1. Ануриев В. И. Справочник конструктора-машиностроителя: в 3 т. / В. И. Ануриев ; под ред. И. М. Жестковой. — 8-е изд., перераб. и доп. — Москва : Машиностроение, 2003. — Т. 2. — 458 с.: ил. — ISBN 5-217-02964-5. — Текст: непосредственный.
2. Государственные стандарты Единая система конструкторской документации (ЕСКД ГОСТ). ИСС «Кодэк-техэкспорт». — Режим доступа: [http://: sk5-410 — lib — te/at/urfu.ru/docs/](http://sk5-410-lib-te/at/urfu.ru/docs/) (дата обращения: 06.06.19). — Загл. с экрана. — Текст: электронный.
3. Левицкий В. С. Машиностроительное черчение и автоматизация выполнения чертежей : учебник для вузов / В. С. Левицкий. — 6-е изд., перераб. и доп. — Москва : Высш. шк., 2004. — 435 с.: ил. — ISBN 5-06-004035-6. — Текст: непосредственный.
4. Понетаева Н. Х. Инженерная и компьютерная графика. Autodesk Inventor 2008 : учеб. пособие. Ч. 1 / Н. Х. Понетаева, Т. В. Нестерова. — Екатеринбург : УГТУ-УПИ, 2008. — Ч. 1. — 92 с. — ISBN 978-5-321-01452-3. — Текст: непосредственный.
5. Сайт компании Autodesk. — Режим доступа: <http://www.autodesk.ru>. (дата обращения: 06.06.19). — Загл. с экрана. — Текст: электронный.

## Пример выполнения учебного проекта

---

### Титульный лист



Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования «Уральский федеральный университет имени  
первого Президента России Б. Н. Ельцина» (УрФУ)  
Институт фундаментального образования  
Кафедра инженерной графики

Оценка \_\_\_\_\_

Руководитель курсового  
проектирования

Члены комиссии \_\_\_\_\_

Дата защиты \_\_\_\_\_

### ПОЯСНИТЕЛЬНАЯ ЗАПИСКА

к курсовому проекту

по теме: «Комплект конструкторских документов на сборочную единицу  
в САПР Autodesk Inventor»

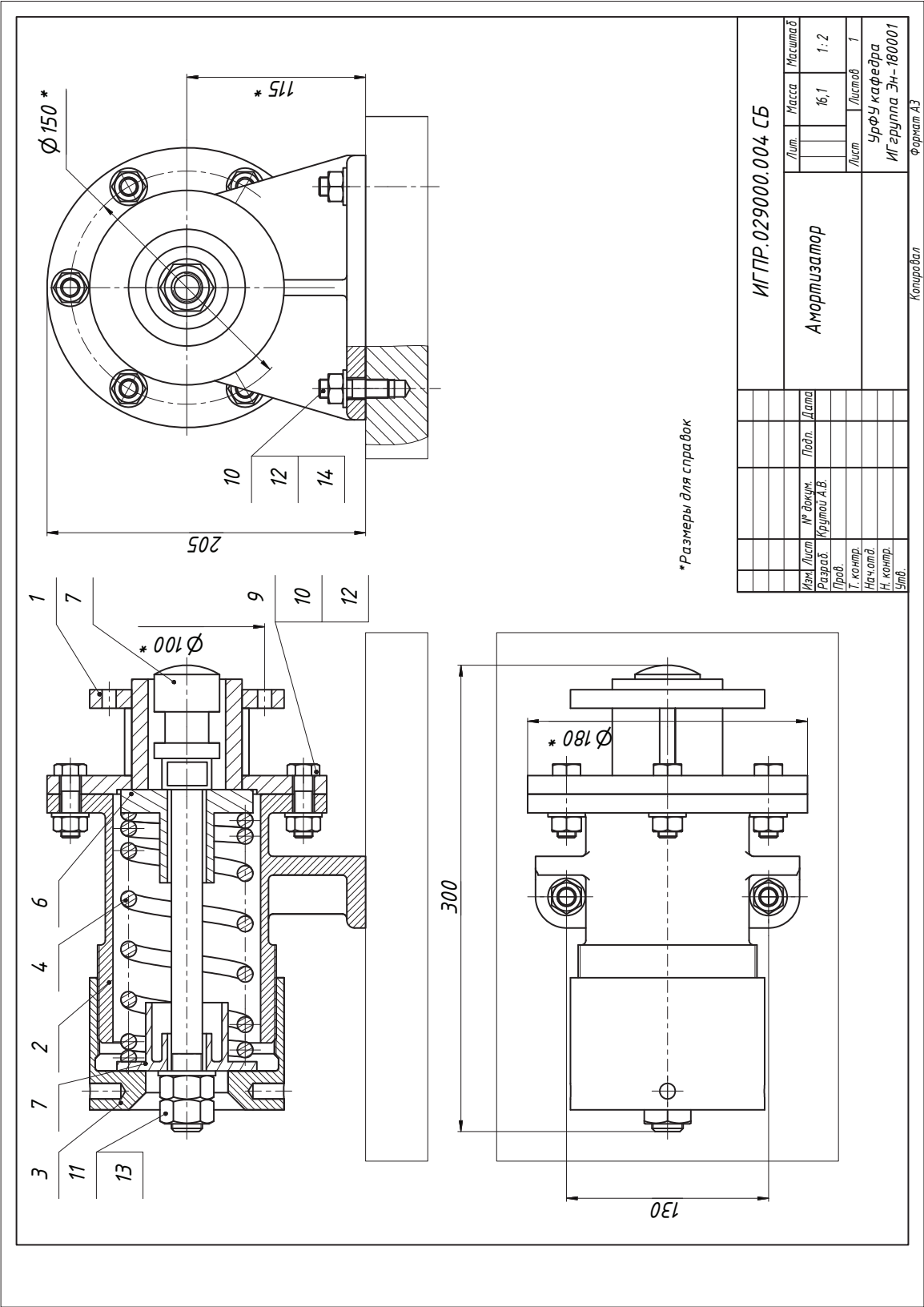
Студент: А. В. Крутой

Группа: ЭН-190001

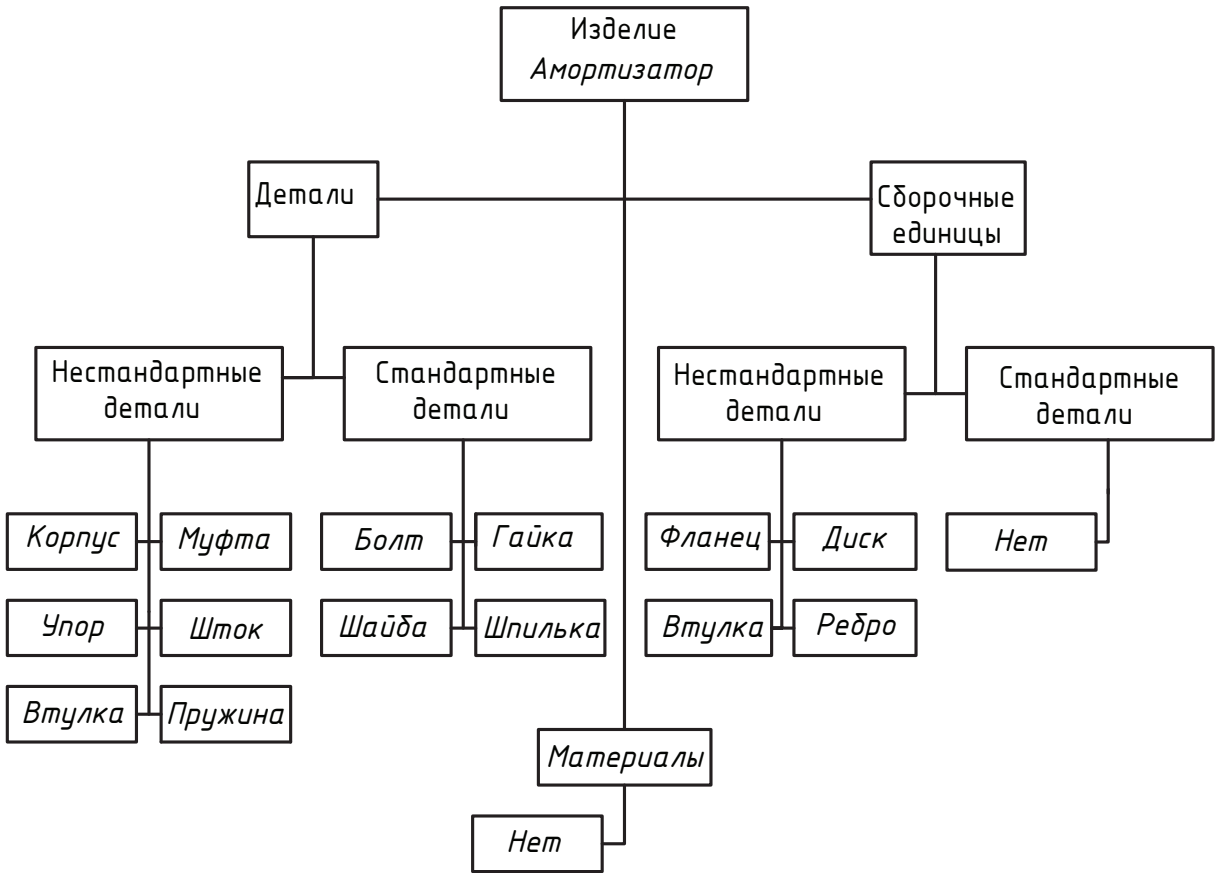
Екатеринбург  
2019



Задание на проект



Структура изделия



## Пояснительная записка

### Оглавление

#### Введение

#### 1. Наименование и область применения изделия

#### 2. Принцип работы изделия

#### 3. Расчет крепежных резьбовых соединений

##### 3.1. Болтовое соединение

##### 3.2. Шпилечное соединение

#### 4. Анализ сварной конструкции

#### Заключение

#### Список использованных источников

					ИГПР.029000.004 ПЗ			
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата	Амортизатор	Лит.	Лист	Листов
Разраб.		Крутой А.В.					1	8
Пров.								
Нач. отд.						УрФУ кафедра ИГ группа ЭН-190001		
Н. контр.								
Утв.								

Копировал

Формат А4

### *Введение*

*Проект выполнен на основании документов:*

- 1. Индивидуального задания на проектирование, вариант 29;*
- 2. Стандартов ЕСКД;*
- 3. Государственных стандартов на детали разъемных и неразъемных соединений.*

*1. Наименование и область применения изделия*  
*Амортизатор служит для поглощения ударных нагрузок на манипулятор в устройствах для механической подачи и поворота заготовок на прессах и молотах.*

#### *2. Принцип работы изделия*

*Корпус поз.1 крепится шпильками к раме (рама на черт. показана условно). Корпус поз. 1 присоединен болтами поз. 8 к сварной крышке поз. 4, которая также болтами крепится к манипулятору (манипулятор на черт. не показан).*

*Сжатие пружины поз. 7 регулируется гайками поз. 11, навинченными на конец штока поз. 5. При работе толчки и вибрация через шток передаются на пружину.*

					ИГПР.029000.004 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		2

*Копировал*

*Формат А4*

### 3. Расчет крепежных резьбовых соединений

#### 3.1. Болтовое соединение

Длину болта  $L$  определяем по формуле:

$$L = F_1 + F_2 + s + m + 0.3d,$$

где  $F_1$  – толщина фланца корпуса, поз. 1;

$F_2$  – толщина фланца сварной крышки, поз. 4;

$s$  – толщина шайбы по ГОСТ;

$m$  – высота гайки по ГОСТ;

$d$  – номинальный диаметр болта;

$0,3d$  – запас длины стержня болта.

$F_1 = 12$  мм (см. задание)

$F_2 = 12$  мм (см. задание)

$L = 12 + 12 + 2,5 + 10 + 0,3 \times 12 = 40,1$  мм.

Принимаем по ГОСТ 7798–70 стандартную длину болта 40 мм.

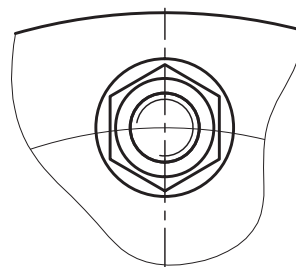
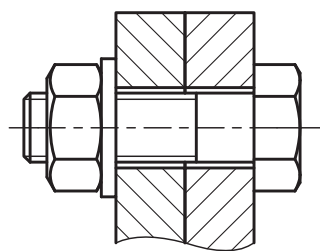


Рис. 1

Состав болтового соединения:

Болт М12х40.58 ГОСТ 7798–70

Гайка М12.5 ГОСТ 5915–70

Шайба 12.03 ГОСТ 11371–78

Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата

ИГПР.029000.004 ПЗ

Лист
3

Копировал

Формат А4

### 3.2. Шпильчное соединение

Длину шпильки  $L$  определяем по формуле:

$$L = F_1 + s + m + 0,3 \times d,$$

где  $F_1$  – толщина фланца корпуса, поз. 1;

$s$  – толщина шайбы по ГОСТ;

$m$  – высота гайки по ГОСТ;

$d$  – номинальный диаметр болта;

$0,3d$  – запас длины стержня болта.

$F_1 = 12$  мм (см. задание)

$$L = 12 + 2,5 + 10 + 0,3 \times 12 = 28,1 \text{ мм.}$$

Принимаем по ГОСТ 22034–76 стандартную длину шпильки 30 мм.

#### Расчет резьбового отверстия

Шпилька вворачивается в раму из серого чугуна, следовательно, ввинчиваемый резьбовой конец шпильки  $b_1 = 1,25 \times d$ .

$$b_1 = 1,25 \times 12 = 15 \text{ мм}$$

$$l_1 = b_1 + 4P$$

$$l_2 = b_1 + 6P,$$

где  $P$  – шаг резьбы.

$$l_1 = 15 + 4 \times 1,75 = 22 \text{ мм}$$

$$l_2 = 15 + 6 \times 1,75 = 25,5 \text{ мм.}$$

					ИГПР.029000.004 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		4

Копировал

Формат А4

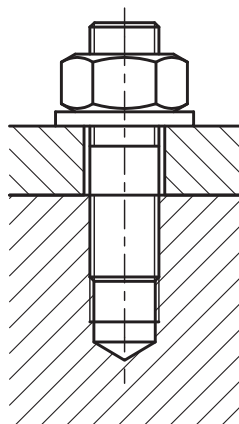
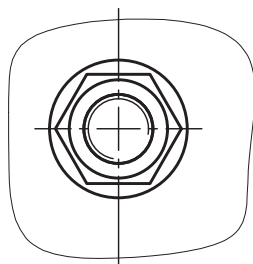


Рис. 2



Состав шпилечного соединения:  
 Шпилька М12х30.58 ГОСТ 22034-76  
 Гайка М12.5 ГОСТ 5915-70  
 Шайба 12.03 ГОСТ 11371-78

					ИГПР.029000.004 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		5

Копировал

Формат А4

#### 4. Анализ сварной конструкции

*В состав сварной крышки входят пять деталей: втулка, два фланца, два ребра.*

*Детали соединены между собой сварными швами, выполненными ручной дуговой сваркой по ГОСТ 5264-80.*

*Тип соединения свариваемых деталей – тавровый, без скоса кромок, шов сплошной двусторонний.*

*Выбираем в соответствии с рекомендациями ГОСТ катет сварного шва (втулка – ребро) – 5 мм, катет сварного шва (втулка – фланец) – 6 мм*

					ИГПР.029000.004 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		6

Копировал

Формат А4



### *Заключение*

*В проекте*

- выполнен расчет стандартных крепежных деталей, входящих в изделие "Амортизатор";*
- выбраны сварные швы;*
- разработан комплект конструкторских документов на сборочное изделие;*
  - приобретены навыки работы в САПР Autodesk Inventor;*
  - освоена методика выполнения конструкторских документов.*

					<i>ИГПР .029000.004 ПЗ</i>	<i>Лист</i>
<i>Изм.</i>	<i>Лист</i>	<i>№ докум.</i>	<i>Подп.</i>	<i>Дата</i>		<i>7</i>

Копировал

Формат А4

### Список использованных источников

1. Чекмарев А. А., Осипов В. К. Справочник по машиностроительному черчению. – М. : Высш. шк., 2002. – 493 с.

2. Государственные стандарты Единая система конструкторской документации (ЕСКД ГОСТ). ИСС. "Кодэк-техэкспорт". – Режим доступа: <http://sk5-410-lib-te/at/urfu/ru/docs/> (дата обращения: 06.06.19). Загл. с экрана.

3. Сайт компании Autodesk: <http://www.autodesk.ru>. Режим доступа: <http://www.autodesk.ru> (дата обращения 06.06.19). – Загл. с экрана.

4. Понетаева Н. Х., Патрушева Н. В. Информационные основы проектирования. Инженерная графика: учеб. пособие. Екатеринбург : УрФУ. 2019. – 150 с.

					ИГПР .029000.004 ПЗ	Лист
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата		8

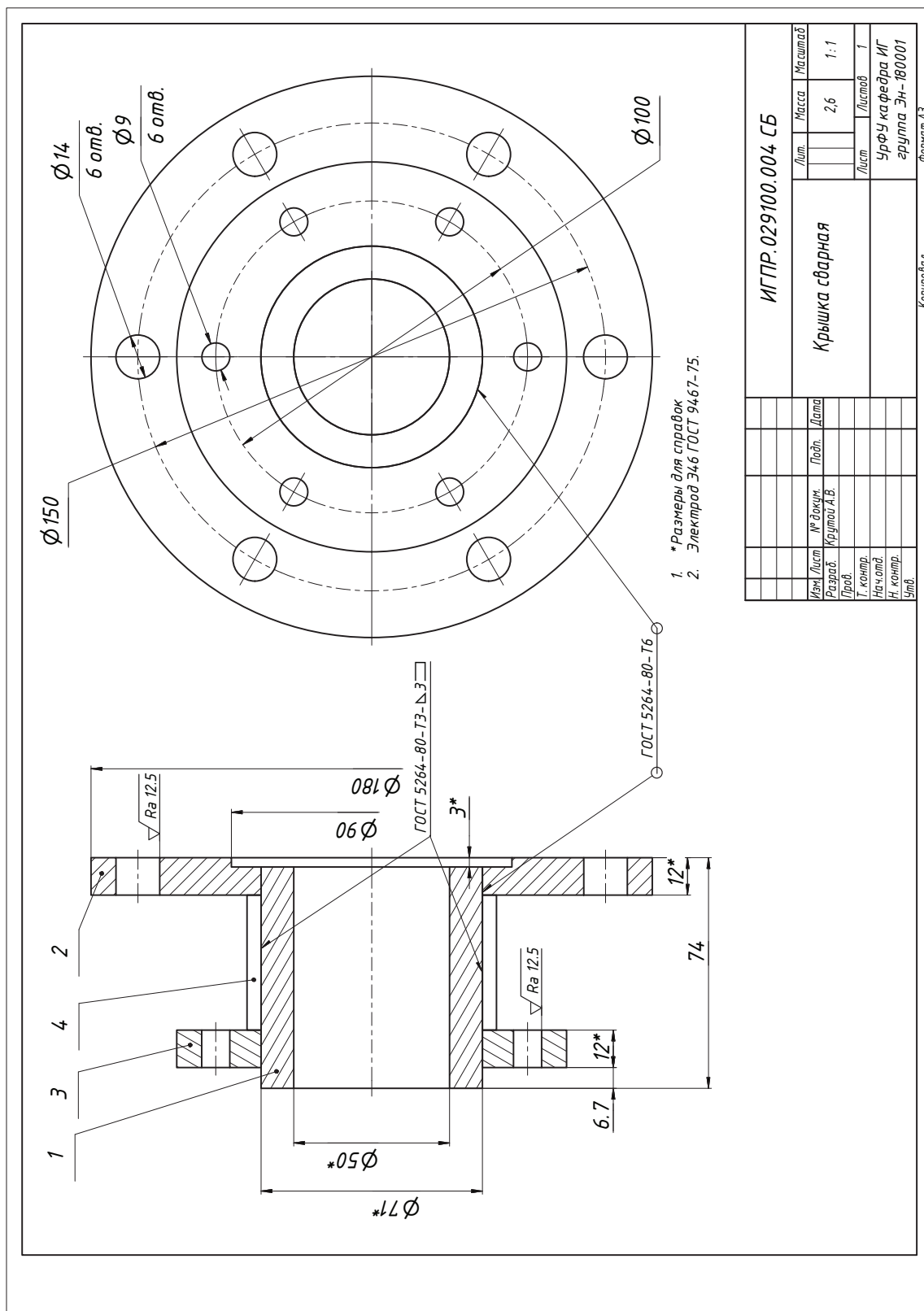
Копировал

Формат А4

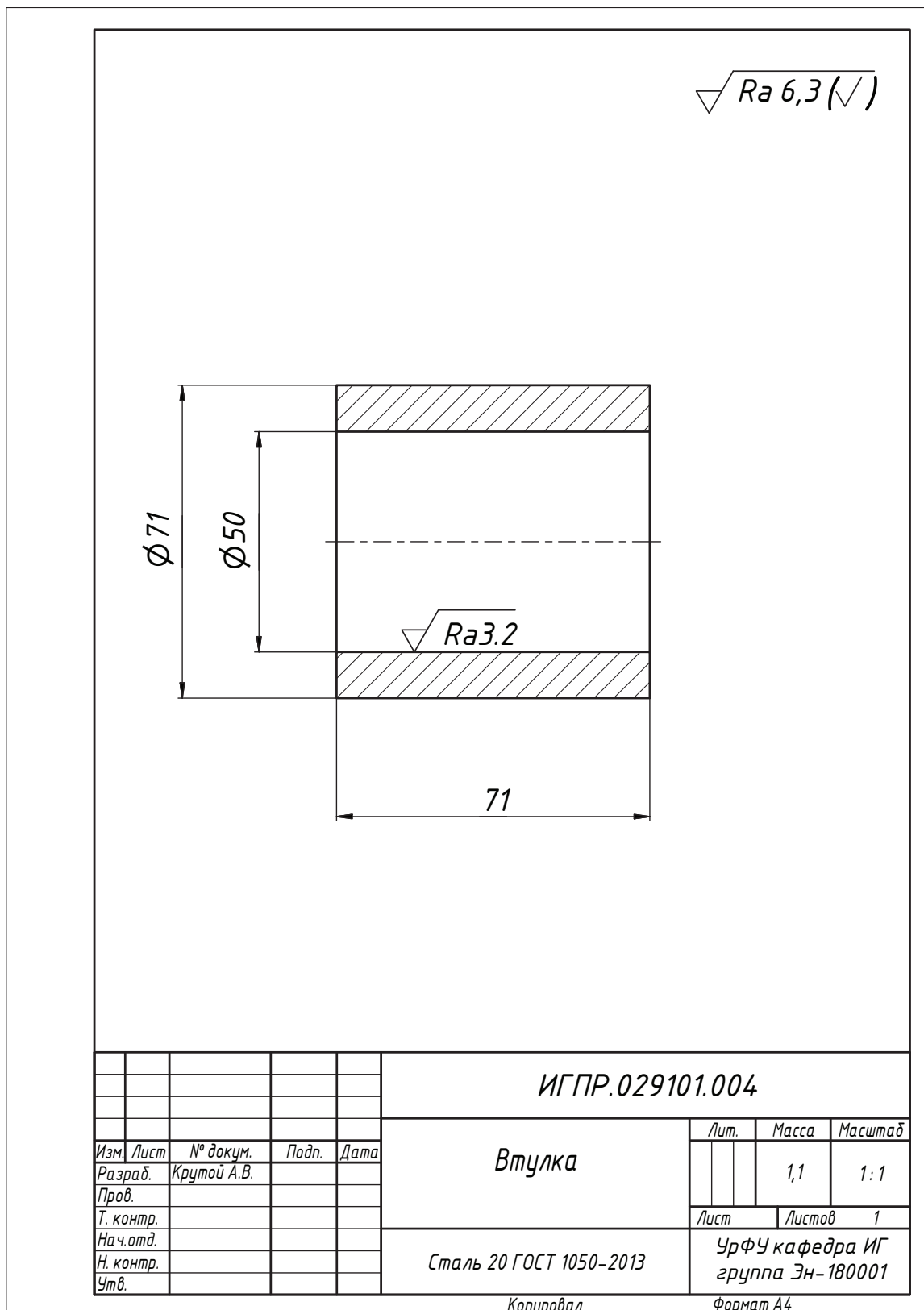
## Спецификация сварной крышки

[illegible]

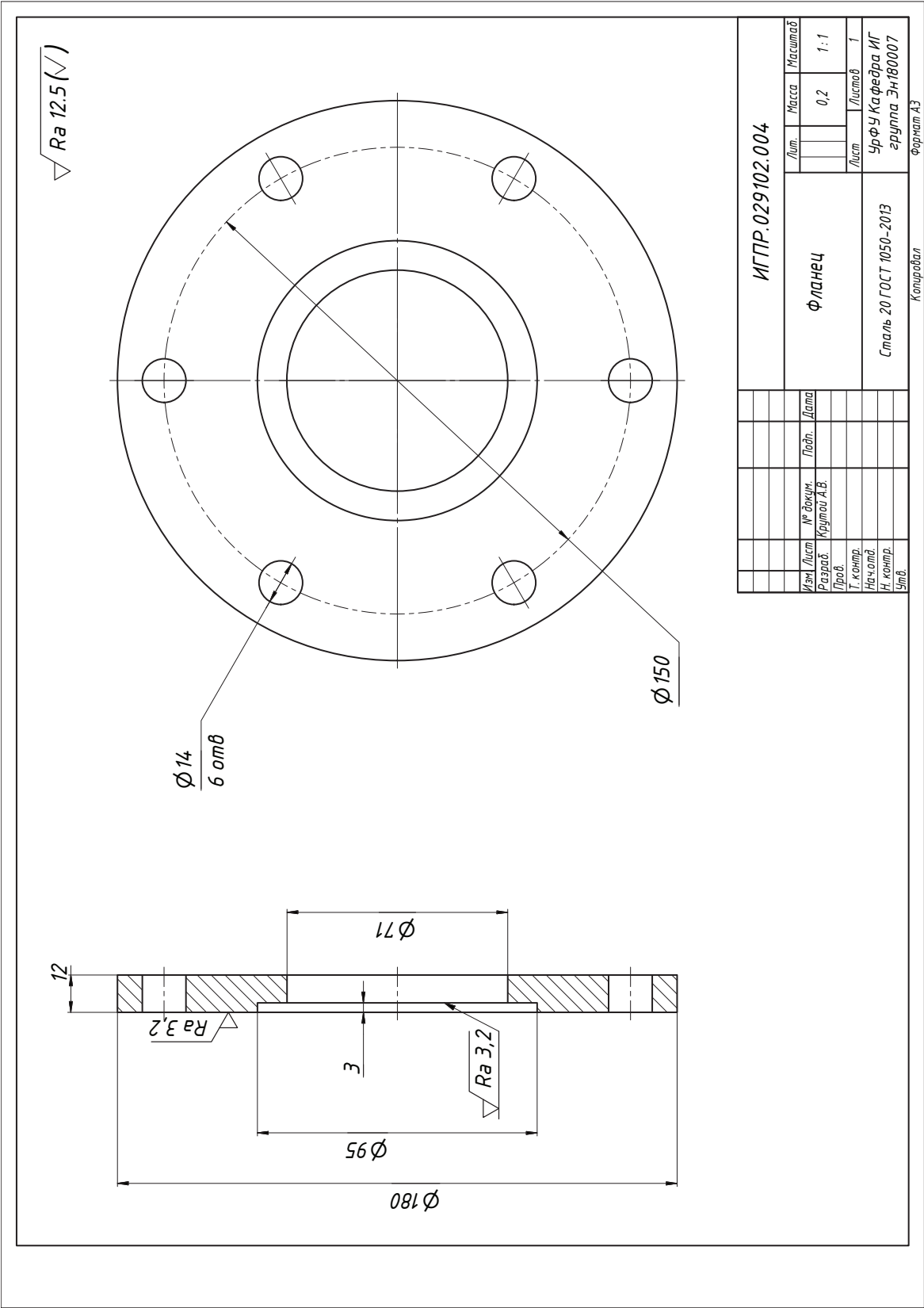
# Сборочный чертеж сварной крышки



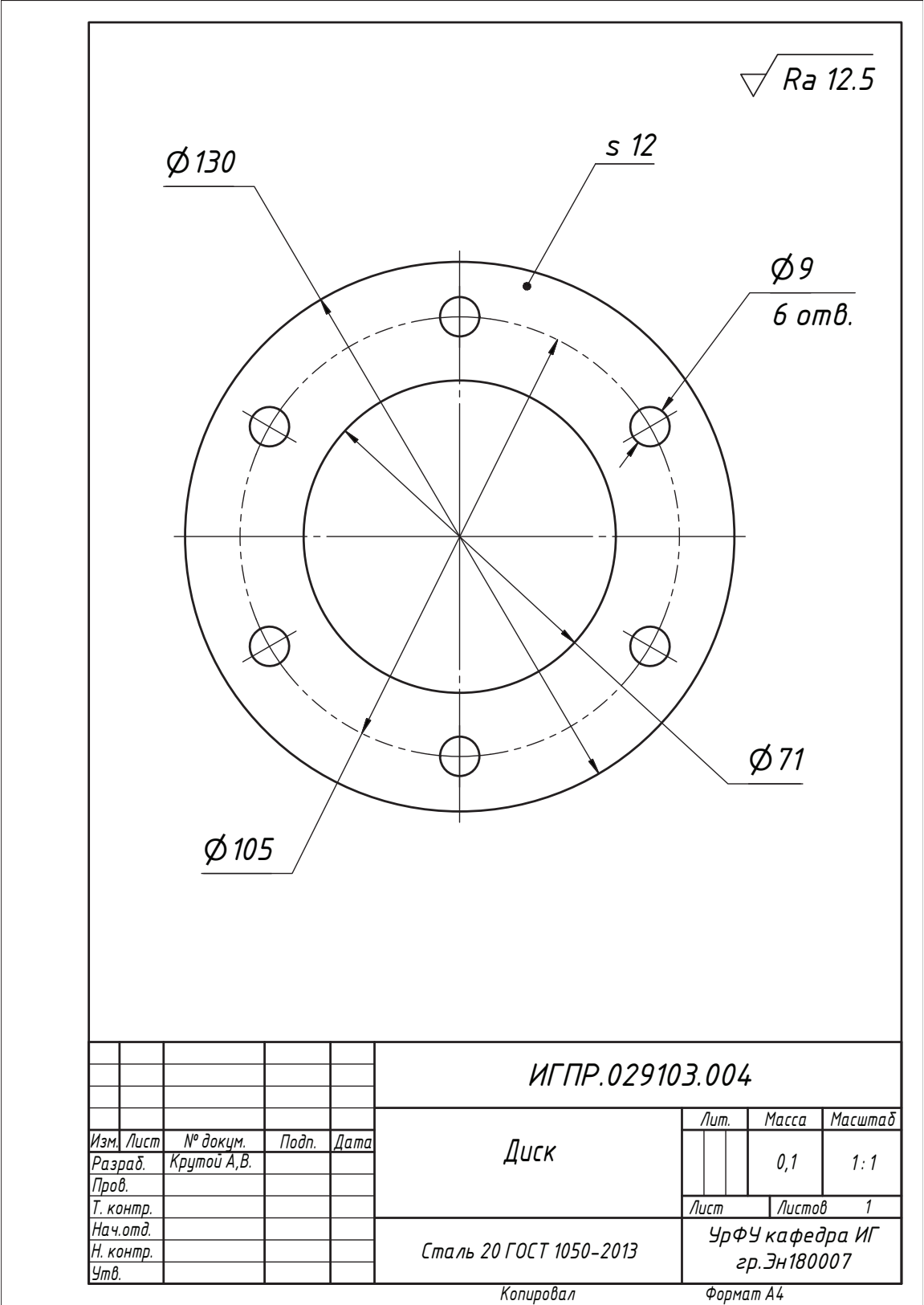
## Рабочий чертеж втулки



Рабочий чертеж фланца



Рабочий чертеж диска

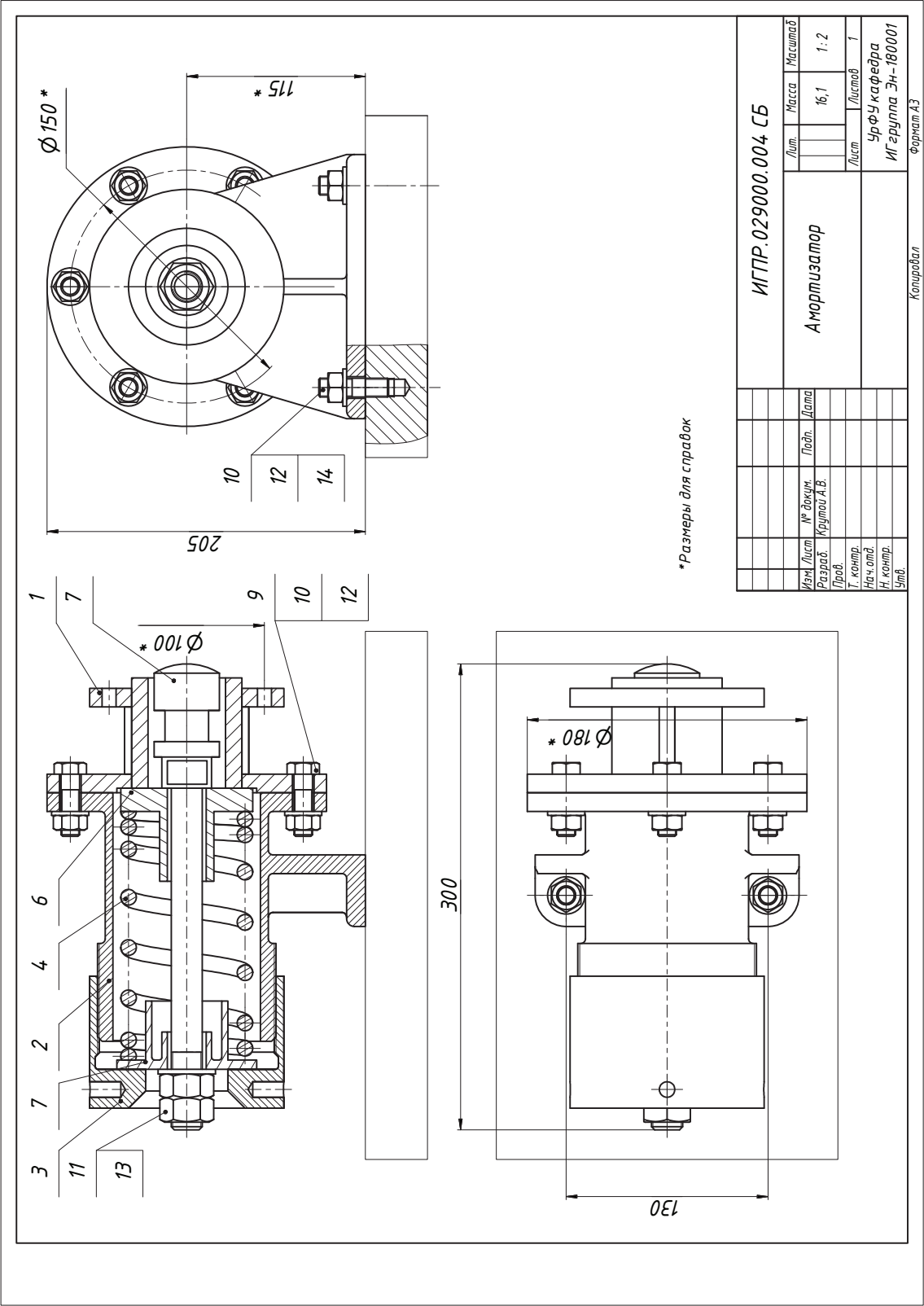


## Спецификация амортизатора

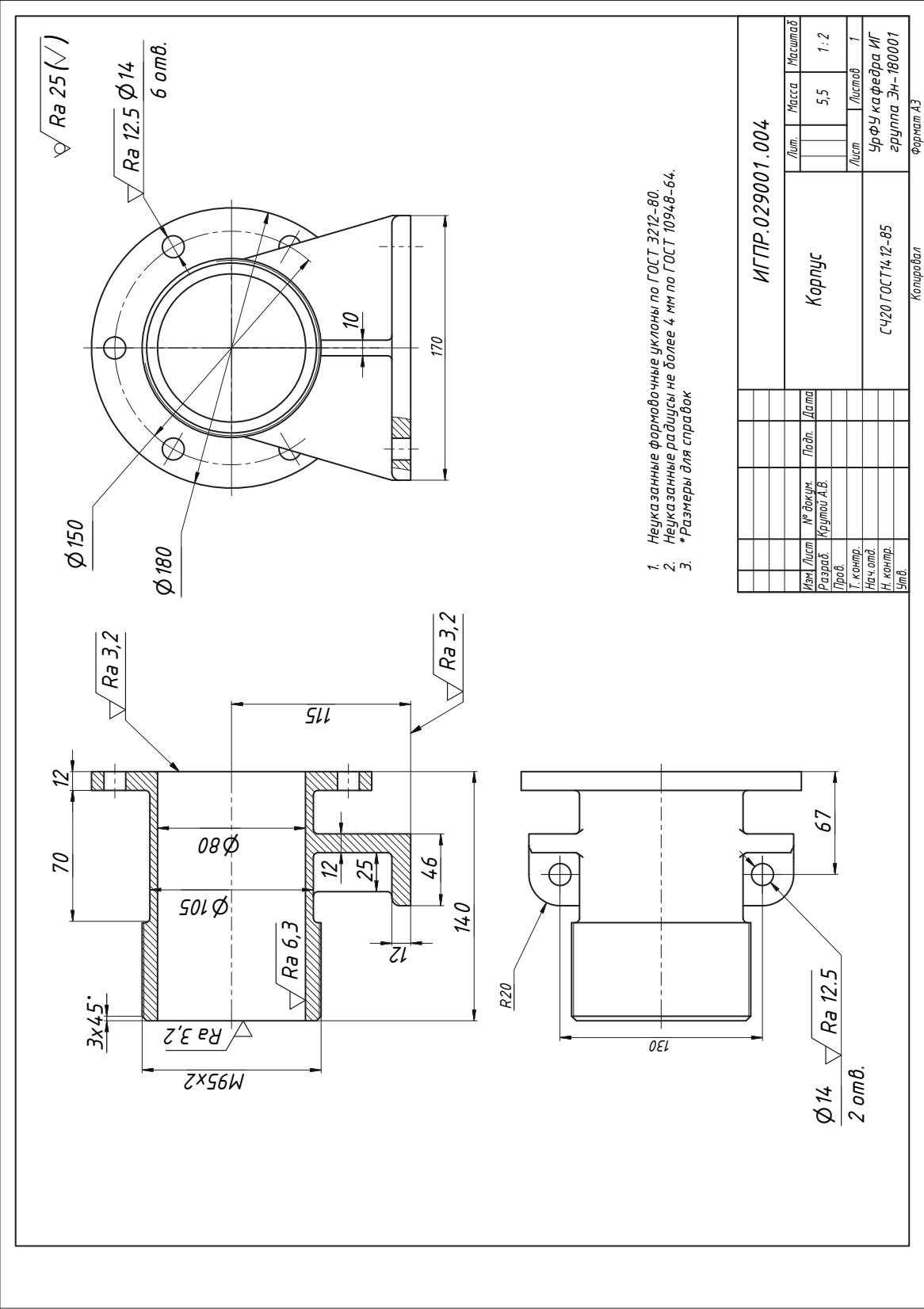
[illegible]



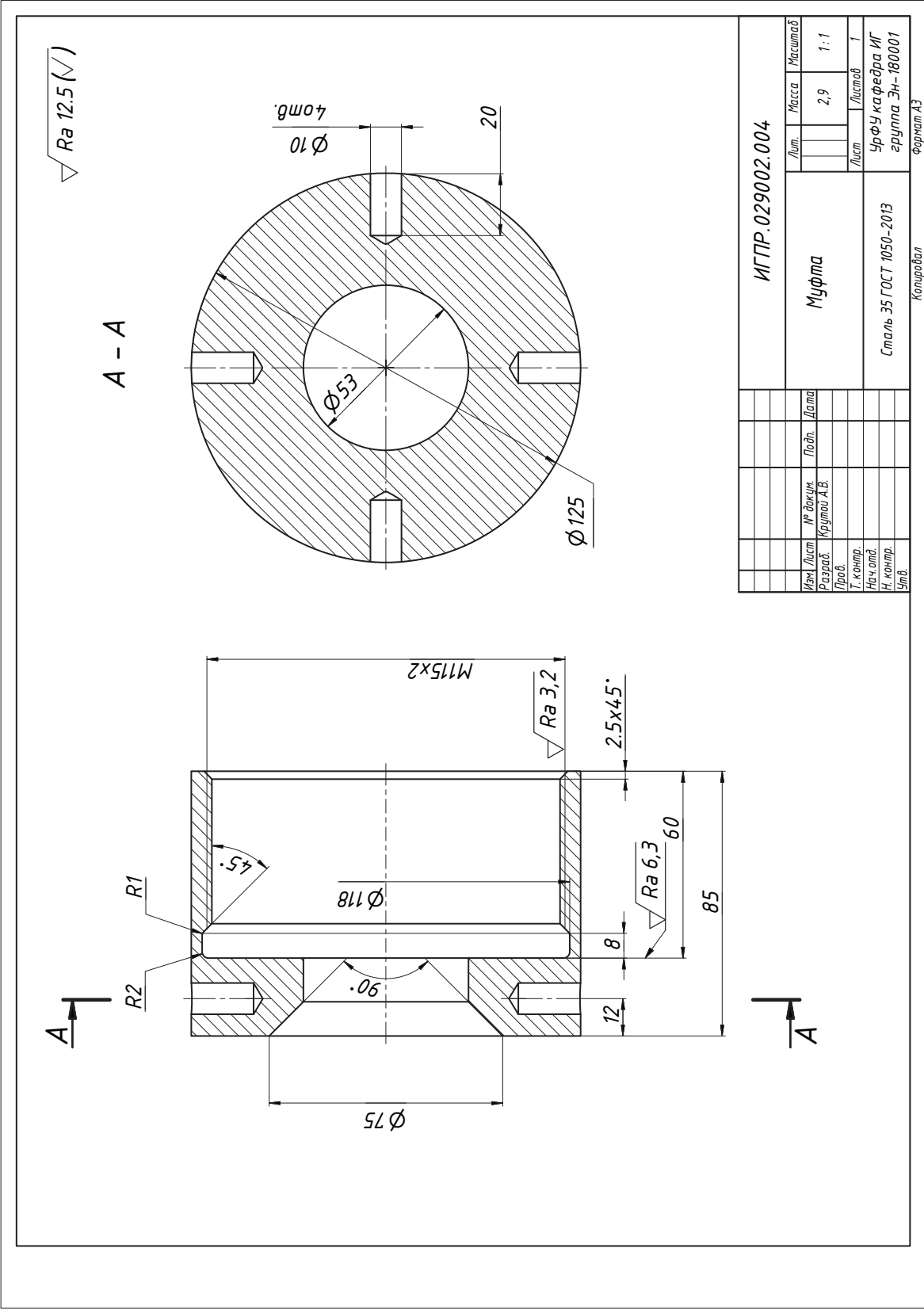
Сборочный чертёж амортизатора



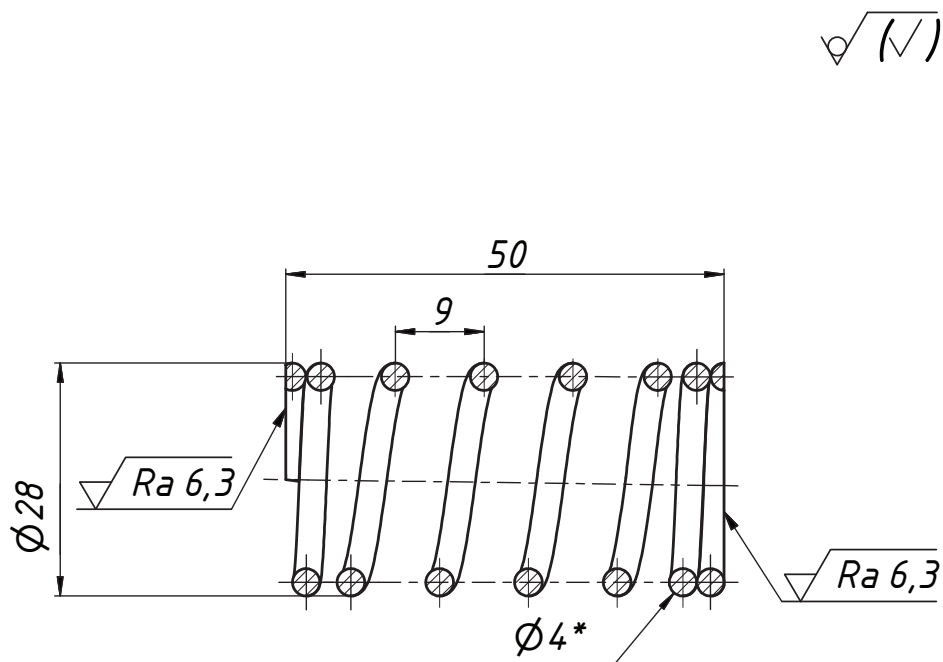
Рабочий чертеж корпуса



Рабочий чертеж муфты



## Рабочий чертеж пружины сжатия



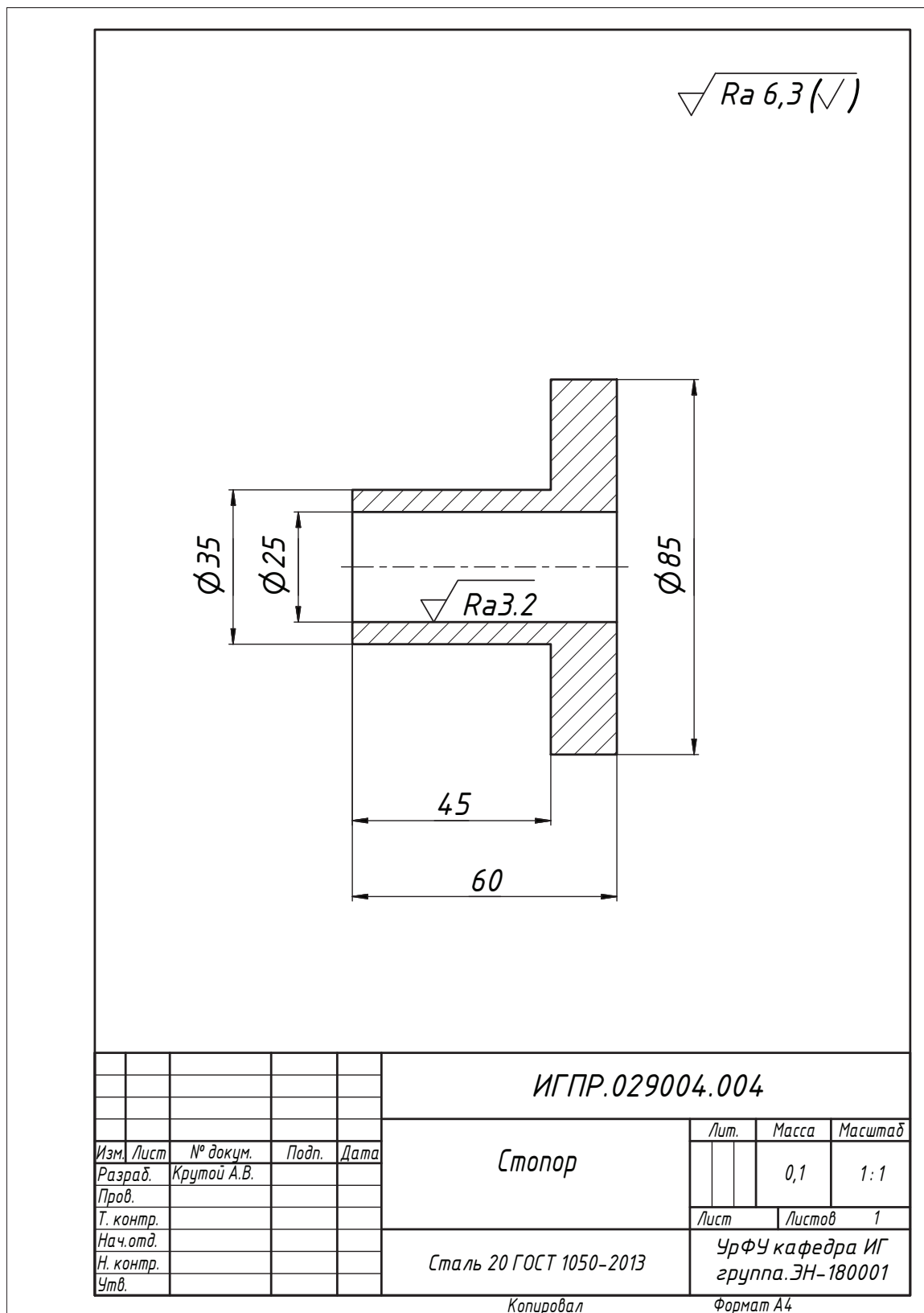
1. Направление навивки – правое
2. Число рабочих витков  $n = 6$
3. Полное число витков  $n_1 = 8$
4. \* Размеры для справок

					ИГПР.029003.004				
					Пружина сжатия	Лит.	Масса	Масштаб	
Изм.	Лист	№ докум.	Подп.	Дата					
Разраб.	Крутой А.В.						1,0	1:2	
Пров.									
Т. контр.						Лист	Листов 1		
Нач.отд.					Круг 4 ГОСТ 7417-75	УрФУ кафедра ИГ			
Н. контр.					60С2А ГОСТ 14959-2016	группа Эп-180001			
Утв.									

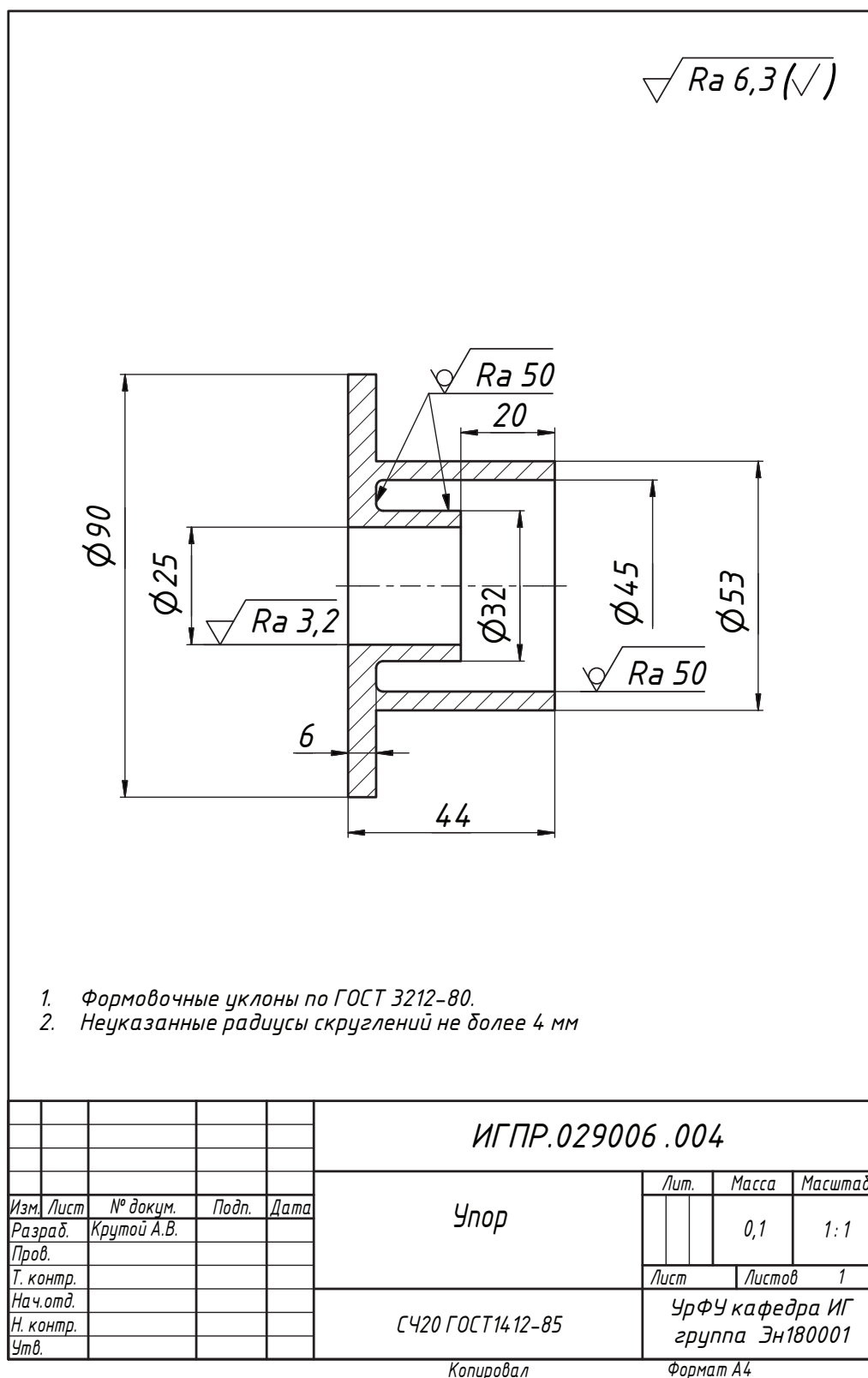
Копировал

Формат А4

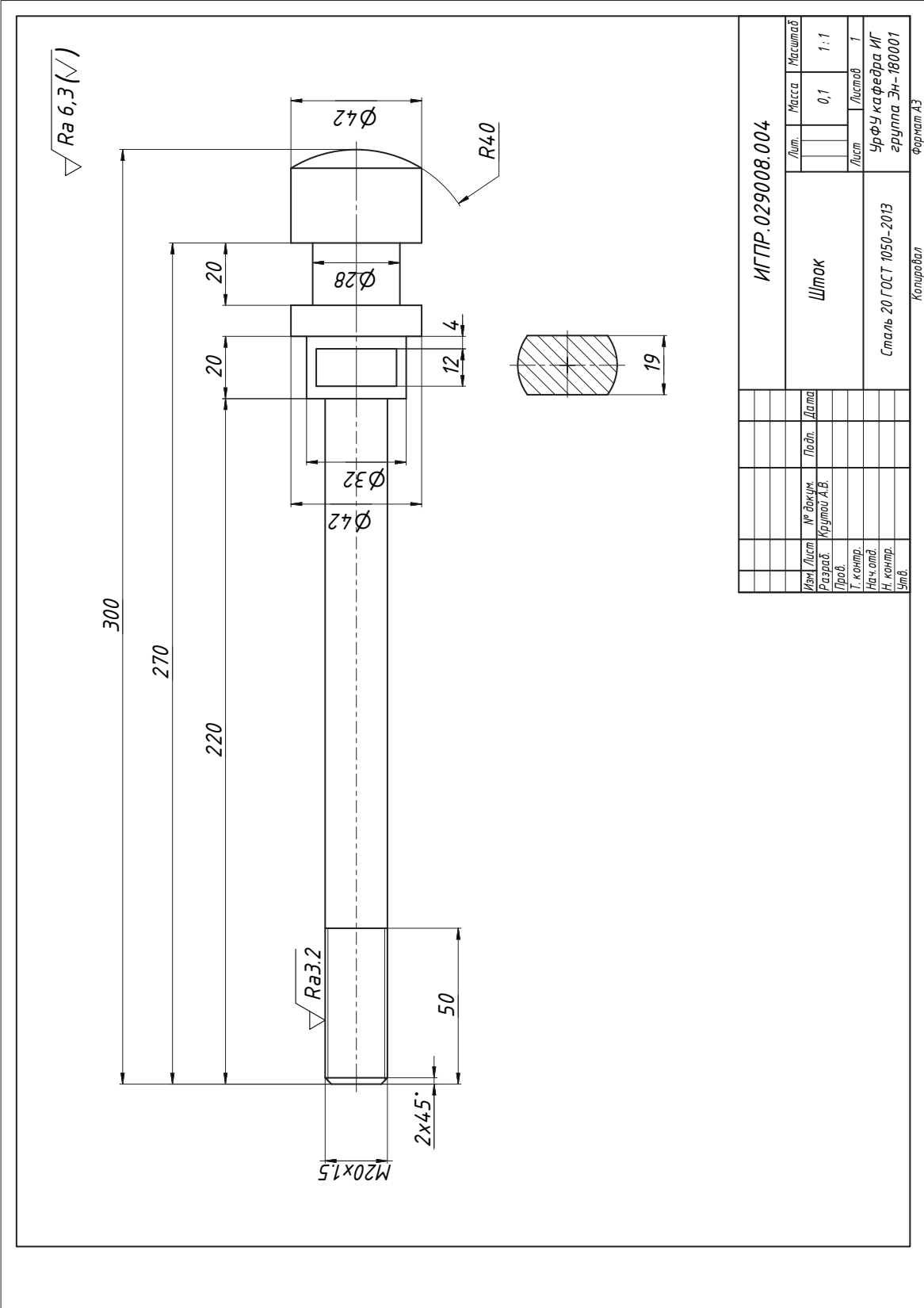
## Рабочий чертеж стопора



## Рабочий чертеж упора



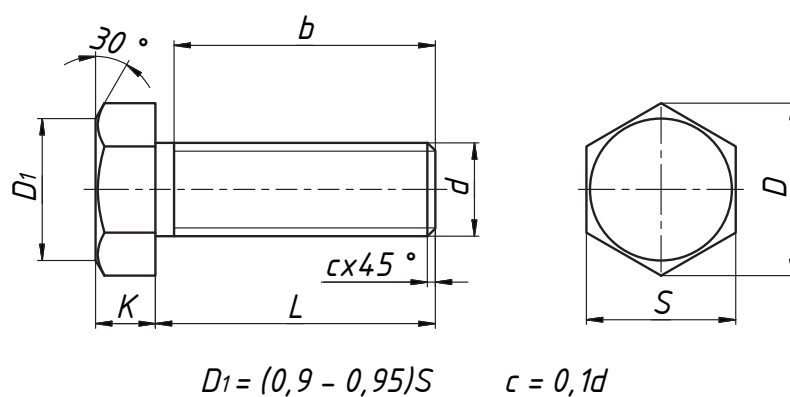
Рабочий чертеж штока



## Приложение 2

### Болты с шестигранной головкой класса точности *B* по ГОСТ 7798-70

#### Конструкция и размеры Исполнение 1



Размеры болтов, мм

<i>d</i>	Шаг резьбы, <i>P</i>		<i>S</i>	<i>D</i>	<i>K</i>
	Крупный	Мелкий			
6	1	—	10	10,9	4
8	1,25	1	13	14,2	5,3
10	1,5	1,25	17	18,7	6,7
12	1,75	1,25	19	20,9	7,5
(14)	2	1,5	22	24	8,8
16	2	1,5	24	26,7	10
(18)	2,5	1,5	27	29,6	12
20	2,5	1,5	30	33	12,5
(22)	2,5	1,5	32	35	14
24	3	2	36	39,6	15
(27)	3	2	41	45,2	17
30	3,5	2	46	50,9	18,7
36	4	3	55	60,8	22,5
42	4,5	3	65	71,3	26

Диаметры болтов, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.



## Длины болтов, мм

Длина болта, <i>L</i>	Длина резьбы <i>b</i> при номинальном диаметре резьбы <i>d</i>														
	<i>d</i>	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42
14	<i>b</i>	х	х	х	х										
16		х	х	х	х										
(18)		х	х	х	х	х	х								
20		18	х	х	х	х	х	х							
(22)		18	х	х	х	х	х	х							
25		18	х	х	х	х	х	х	х						
(28)		18	22	х	х	х	х	х	х						
30		18	22	х	х	х	х	х	х	х					
(32)		18	22	26	х	х	х	х	х	х	х				
35		18	22	26	30	х	х	х	х	х	х	х			
(38)		18	22	26	30	х	х	х	х	х	х	х			
40		18	22	26	30	34	х	х	х	х	х	х	х		
45		18	22	26	30	34	38	х	х	х	х	х	х		
50		18	22	26	30	34	38	42	х	х	х	х	х	х	
55		18	22	26	30	34	38	42	46	х	х	х	х	х	х
60		18	22	26	30	34	38	42	46	50	х	х	х	х	х
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	х	х	х	х
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	х	х	х
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	х	х
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	х	х
(85)		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	х	х
90		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	х
(95)		-	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	х
100		-	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	78	х

Болты с размерами длин, заключенными в скобки, применять не рекомендуется. Знаком х отмечены болты с резьбой на всей длине стержня.

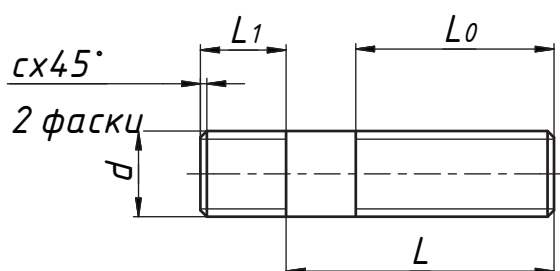
Пример условного обозначения:

**Болт М10х30.58 ГОСТ 7798–70**

Болт с резьбой М10, крупным шагом, длиной 30 мм, класс прочности материала болта 5.8, нормальной точности В.

## Шпильки с ввинчиваемым концом длиной $1d$ по ГОСТ 22032-76

Класс точности *B*. Конструкция и размеры  
Исполнение 1



Основные размеры шпилек, мм

Номинальный диаметр, $d$	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36
Шаг, $P$ : крупный мелкий													
	1	1,25	1,5	1,75	2		2,5			3		3,5	4
	—	1	1,25		1,5					2			3

Размеры, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

## Длины шпилек, мм

Длина шпильки, $L$	Длина резьбы гаечного конца $b$ при номинальном диаметре резьбы $d$														
	$d$	6	8	10	12	(14)	16	(18)	20	(22)	24	(27)	30	36	42
20	$b$	x	x	x											
(22)		x	x	x											
25		18	x	x	x	x									
(28)		18	22	x	x	x									
30		18	22	x	x	x									
(32)		18	22	x	x	x									
35		18	22	26	x	x	x	x							
(38)		18	22	26	30	x	x	x							
40		18	22	26	30	x	x	x							
(42)		18	22	26	30	x	x	x							
45		18	22	26	30	34	x	x	x	x	x				
(48)		18	22	26	30	34	38	x	x	x	x				
50		18	22	26	30	34	38	x	x	x	x				
55		18	22	26	30	34	38	42	x	x	x	x			
60		18	22	26	30	34	38	42	46	x	x	x	x		
65		18	22	26	30	34	38	42	46	50	x	x	x		
70		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	x	x	x	
75		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	x	x	
80		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	x	x	x
85		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	x	x
90		18	22	26	30	34	38	42	46	50	54	60	66	x	x

Знаком x отмечены шпильки длиной резьбы гаечного конца  $b = L - 0,5d - 2p$ .

Пример условного обозначения:

**Шпилька М16х120.58 ГОСТ 22032–76**

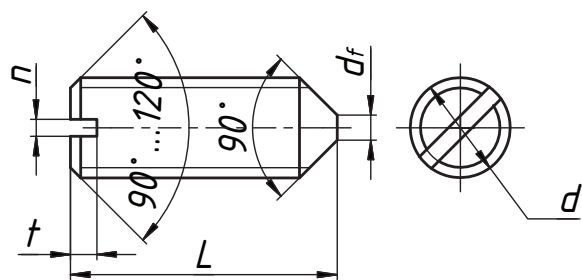
Шпилька диаметром резьбы  $d = 16$  мм, с крупным шагом резьбы, длиной  $L = 120$  мм, класса прочности 5.8, без покрытия.

**Шпилька М16х1,5 х120.58 ГОСТ 22032–76**

Шпилька диаметром резьбы  $d = 16$  мм, с мелким шагом резьбы, длиной  $L = 120$  мм, класса прочности 5.8, без покрытия.

Винты установочные с коническим концом и прямым шлицем классов точности *A* и *B* по ГОСТ 1476–93

Технические условия



Основные размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, $d$		4	5	6	8	10	12	
$d_f$	мин.	—	—	—	—	—	—	
	макс.	0,40	0,50	1,50	2,00	2,50	3,00	
$n$	номинальная	0,60	0,80	1,00	1,20	1,60	2,00	
$t$	не менее	1,12	1,28	1,60	2,00	2,40	2,80	
	не более	1,42	1,63	2,00	2,50	3,00	3,60	
Длина винта, $L$								
4			—	—	—	—	—	
5			Стан- дартные длины	—	—	—	—	
6				—	—	—	—	
8					—	—	—	
10					—	—	—	
12						—	—	—
16						—	—	—
20						—	—	—
25				—		—	—	
30			—	—	—	—		
35		—	—	—	—			
40		—	—	—	—	—		

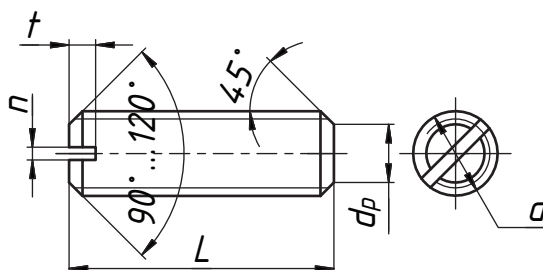
Пример условного обозначения:

**Винт М10х16 ГОСТ 1476–93**

Установочный винт с коническим концом и прямым шлицем класса точности *B*, диаметром резьбы *d* = 10 мм, длиной *L* = 16 мм, без покрытия.

## Винты установочные с плоским концом и прямым шлицем классов точности *A* и *B* по ГОСТ 1477-93

### Технические условия



Основные размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, $d$		4	5	6	8	10	12
$d_p$	не менее	2,25	3,20	3,70	5,20	6,64	8,14
	не более	2,50	3,50	4,00	5,00	7,00	8,50
$n$	номинальная	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0
$t$	не менее	1,12	1,28	1,60	2,00	2,40	2,80
	не более	1,42	1,63	2,00	2,50	3,00	3,60
Длина винта, $L$							
4			—	—	—	—	—
5			Стан- дартные длины	—	—	—	—
6					—	—	—
8						—	—
10							—
12							
16							
20							
25							
30			—	—			
35		—	—	—			

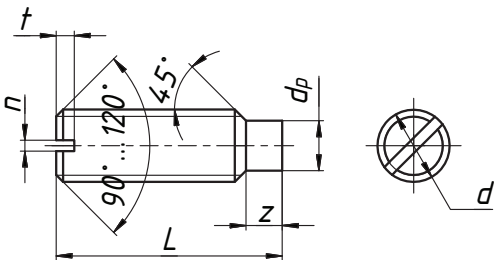
Пример условного обозначения:

**Винт М10х16 ГОСТ 1477-93**

Установочный винт с плоским концом и прямым шлицем класса точности *B*, диаметром резьбы  $d = 10$  мм, длиной  $L = 16$  мм, без покрытия.

Винты установочные с цилиндрическим концом и прямым шлицем классов точности *A* и *B* по ГОСТ 1478–93

Технические условия



Основные размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, $d$		4	5	6	8	10	12			
$d_p$	не менее	2,25	3,20	3,70	5,20	6,64	8,14			
	не более	2,50	3,50	4,00	5,00	7,00	8,50			
$n$	номинальная	0,6	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0			
$t$	не менее	1,12	1,28	1,60	2,00	2,40	2,80			
	не более	1,42	1,63	2,00	2,50	3,00	3,60			
$z$	не менее	2,0	2,5	3,0	4,0	5,0	6,0			
	не более	2,25	2,75	3,25	4,30	5,30	6,30			
Длина винта, $L$										
4		—	—	—	—	—	—			
6			—	—	—	—	—			
8				Стан- дартные длины	—	—	—			
10						—	—	—		
12							—	—	—	
16								—	—	—
20								—	—	—
25					—	—	—	—	—	
30			—		—	—	—	—		
35		—	—		—	—	—			

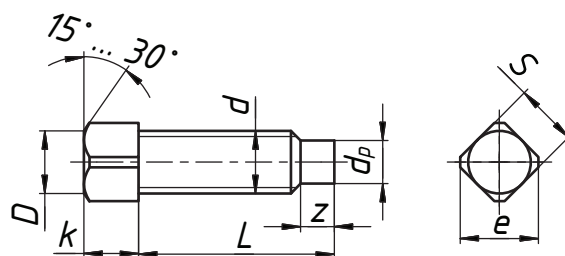
Пример условного обозначения:

**Винт М10х16 ГОСТ 1477–93**

Установочный винт с цилиндрическим концом и прямым шлицем класса точности *B*, диаметром резьбы *d* = 10 мм, длиной *L* = 16 мм, без покрытия.

## Винты установочные с квадратной головкой и цилиндрическим концом классов точности *A* и *B* по ГОСТ 1482–84

### Конструкция и размеры



$$D = (0,90 \dots 0,95)S$$

Основные размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, <i>d</i>	6	8	10	12	16
Размер под ключ, <i>s</i>	7	8	10	12	17
Высота головки, <i>K</i>	6	7	8	10	14
Диаметр описанной окружности, <i>e</i>	9	10	13	16	22
Длина винта, <i>L</i>					
12		—	—	—	—
14		Стандарт- ные	—	—	—
16			длины р	—	—
20					—
25					
30					
35					
40	—				

Пример условного обозначения:

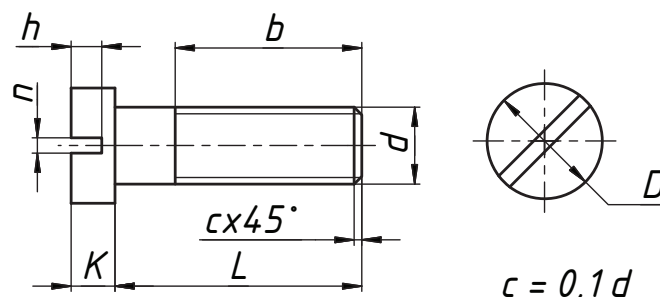
**Винт М10х16 ГОСТ 1482–84**

Установочный винт с квадратной головкой и цилиндрическим концом класса точности *B*, диаметром резьбы *d* = 10 мм, длиной *L* = 16 мм, без покрытия.

## Приложение 8

### Винты с цилиндрической головкой классов точности *A* и *B* по ГОСТ 1491–80

#### Конструкция и размеры



Основные размеры винтов, мм

Номинальный диаметр резьбы, $d$	Диаметр головки, $D$	Высота головки, $K$	Ширина шлица, $n$	Глубина шлица, $h$	Длина винта, $L$		Длина резьбы нормальная, $b$
					от	до	
4	7,0	2,6	1,00	1,20	4	40	14
5	8,5	3,3	1,20	1,50	6	50	16
6	10,0	3,9	1,60	1,80	8	60	18
8	13,0	5,0	2,00	2,30	12	80	22
10	16,0	6,0	2,50	2,70	17	100	26
12	18,0	7,0	3,00	3,20	18	100	30
14	21,0	8,0	3,00	3,60	25	100	34
16	24,0	9,0	4,00	4,00	28	100	38

Длины винтов выбираются из ряда: 4, 5, 6, (7), 8, 9, 10, 11, 12, (13), 14, 16, (18), 20, (22), 25, (28), 30, (32), 35, (38), 40, (42), 45, (48), 50, 55, 60, 65, 70, 75, 80, (85), 90, (95), 100, 110, 120. Длины винтов, заключенные в скобки, применять не рекомендуется.

Пример условного обозначения:

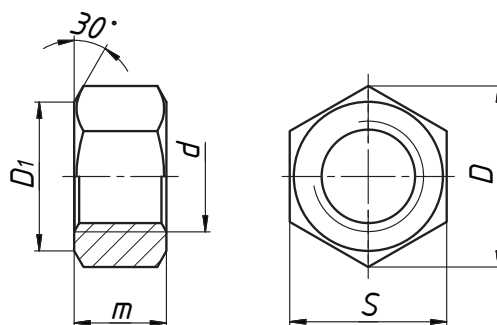
**Винт А. М8х50.48 ГОСТ 1491–80**

Винт с цилиндрической головкой, класса точности *A*, диаметром резьбы  $d = 8$  мм, с крупным шагом резьбы, длиной  $L = 50$  мм, нормальной длиной резьбы  $b = 22$  мм, класса прочности 4.8, без покрытия.



## Гайки шестигранные класса точности *B* по ГОСТ 5915–70

### Конструкция и размеры. Исполнение 1 ГОСТ 5915–70



$$D_1 = (0,9 - 0,95)S$$

Основные размеры гаек, мм

$d$	Шаг резьбы, $P$		$S$	$D$	$m$
	Крупный	Мелкий			
6	1	—	10	10,9	5,0
8	1,25	1	13	14,2	6,5
10	1,5	1,25	17	18,7	8,0
12	1,75	1,25	19	20,9	10,0
(14)	2	1,5	22	24	11,0
16	2	1,5	24	26,7	13,0
(18)	2,5	1,5	27	29,6	15,0
20	2,5	1,5	30	33	16,0
(22)	2,5	1,5	32	35	18,0
24	3	2	36	39,6	19,0
(27)	3	2	41	45,2	22,0
30	3,5	2	46	50,9	24,0
36	4	3	55	60,8	29,0
42	4,5	3	65	71,3	34,0

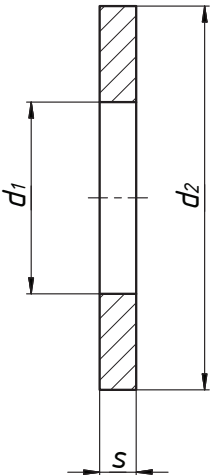
Пример условного обозначения:

**Гайка М10.5 ГОСТ 5915–70**

Гайка с резьбой М10, крупным шагом, класс прочности материала гайки 5, нормальной точности *B*.

Шайбы по ГОСТ 11371–78

Технические условия



Размеры обычных шайб, мм

Диаметр резьбы крепежной детали, $d$	$d_1$		$d_2$	$s$
	Класс точности			
	С	А		
6	6,6	6,4	12,0	1,6
8	9,0	8,4	16,0	
10	11,0	10,5	20,0	2,0
12	13,5	13,0	24,0	2,5
14	15,5	15,0	28	
16	17,5	17,0	30	3,0
18	20,0	19,0	34,0	
20	22,0	21,0	37,0	
22	24,0	23,0	39,0	
24	26,0	25,0	44,0	4,0

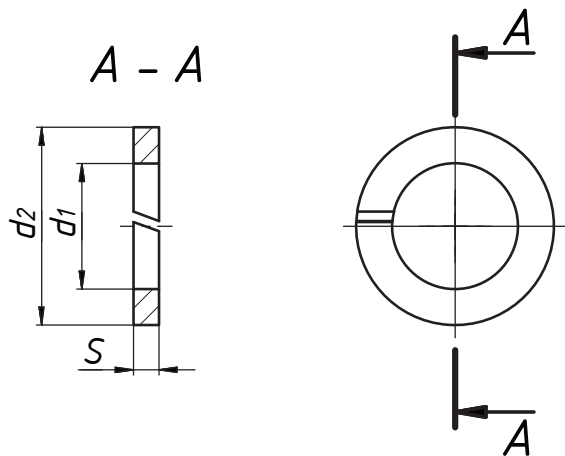
Пример условного обозначения: Шайба С 10.03 ГОСТ 11371–78

Шайба исполнения 1 класса точности С для крепежной детали с диаметром резьбы 10 мм, толщиной, установленной в стандарте, из материала группы 03, без покрытия.

Шайба 2. 10.01. 08 кп. 016 ГОСТ 11371–78

Шайба исполнения 2 класса точности А для крепежной детали с диаметром резьбы 10 мм толщиной, установленной в стандарте, стали марки 08 кп, из материала группы 01, с цинковым покрытием 6 мкм, хромированным.

Шайбы пружинные по ГОСТ 6402–70

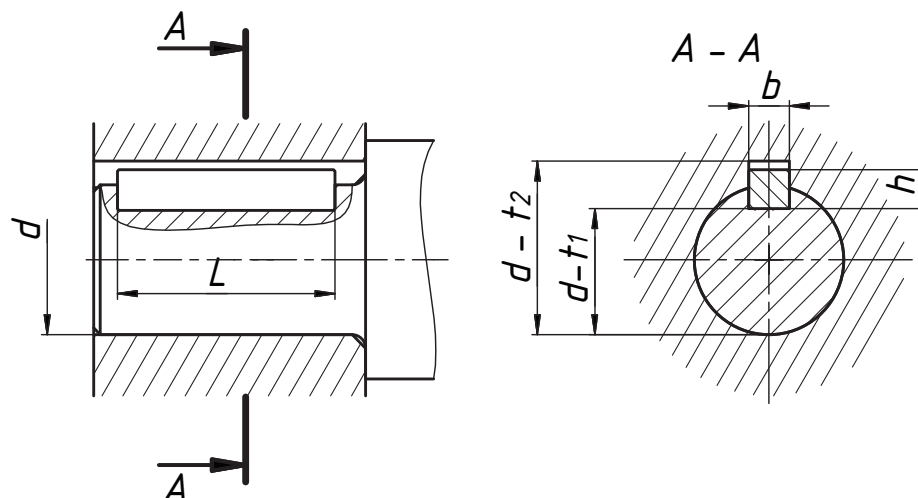


Размеры шайб пружинных, мм

Диаметр резьбы болта, $d$	$d_1$	$d_2$	$s$
12	13,0	24	3,0
16	16,3	20	3,5
20	21,0	37	4,5
24	25,0	44	5,0

Пример условного обозначения шайбы исполнения 1, для болта с резьбой М10:  
**Шайба 10 L ГОСТ 6402–70**

## Шпонки призматические по ГОСТ 23360-78



Размеры соединений с призматическими шпонками, мм

Диаметр вала, $d$	Сечение шпонки		Глубина паза		Длина, $L$
	$b$	$h$	вала $t_1$	втулки $t_2$	
Св. 12 до 17	5	5	3	2.3	10–56
Св. 17 до 22	6	6	3.5	2.8	14–70
Св. 22 до 30	8	7	4	3.3	18–90
Св. 30 до 38	10	8	5	3.3	22–110
Св. 38 до 44	12	8	5	3.3	28–140
Св. 44 до 50	14	9	5.5	3.8	36–160
Св. 50 до 58	16	10	6	4.3	45–180

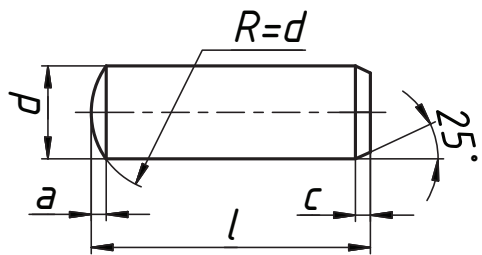
Длину призматической шпонки выбирают из ряда: 10, 12, 14, 16, 18, 20, 22, 25, 28, 32, 36, 40, 50, 56, 63, 70, 80, 90, 100, 110, 125, 140, 160, 180, 200, 250, 280.

Пример обозначения шпонки размерами  $b = 16$  мм,  $h = 10$  мм,  $L = 80$  мм:

**Шпонка 16 х 10 х 80 ГОСТ 23360-78**

Штифты цилиндрические незакаленные по ГОСТ 3128–70

Технические условия  
Исполнение 1



Размеры штифтов цилиндрических, мм

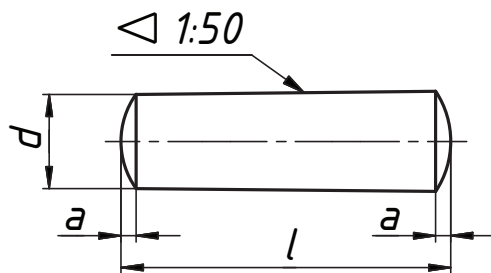
$d$	3	4	5	6	8	10	12
$C \approx$	0,5	0,63	0,8	1,2	1,6	2,0	2,5
$a \approx$	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,2	1,6
$l$	6–60	8–80	10–100	12–120	16–160	18–160	22–160

Пример условного обозначения штифта исполнения 1, диаметром  $d = 10$  мм, длиной  $l = 60$  мм, без покрытия:

**Штифт 10 х 60 ГОСТ 3128–70**

## Штифты конические незакаленные по ГОСТ 3129-70

Технические условия  
Исполнение 1



Размеры штифтов конических, мм

$d$	3	4	5	6	8	10	12
$a \approx$	0,4	0,5	0,63	0,8	1,0	1,2	1,6
1	6-60	8-80	10-100	12-120	16-160	18-160	22-160

Пример условного обозначения штифта исполнения 1, диаметром  $d = 10$  мм, длиной  $l = 60$  мм, без покрытия:

**Штифт 10 х 60 ГОСТ 3129-70**

## Конструкционные материалы

### Металлические материалы

Способ изготовления детали	Наименование материала	Марка материала	ГОСТ	Пример обозначения на чертеже
Механическая обработка	Сталь углеродистая обыкновенного качества	Ст0, Ст1кп, Ст1пс, Ст1сп, Ст2кп, ... Ст6сп	380–94	Ст4 кп ГОСТ 380–94
	Сталь конструкционная нелегированная	08,10,15,20, 25,30,35,40, 45,15Г,20Г...	1050–2013	Сталь 45 ГОСТ 1050–2013
	Сталь конструкционная легированная	15Х,20Х,30Х, 35Х, 25ХГТ, 30ХГСА,40ХН	4543–2016	20Х ГОСТ 4543–2016
	Сплав алюминиевый деформируемый	Д1, Д16, Д18, Д19	4784–94	Д1 ГОСТ 4784–94
	Сплавы медно-цинковые (латуни), обрабатываемые давлением	Л60, Л96, Л86 ЛС74–3, ЛС59–2	15527–2004	Л96 ГОСТ 15527–2004
Литье	Отливки стальные	15Л, 20Л, 35Л, 20ГЛ, 35ГЛ	977–88	30 Л ГОСТ977–88
	Чугун для отливок	СЧ10, СЧ15, СЧ25, СЧ30, СЧ35	1412–85	СЧ35 ГОСТ1412–85
	Отливки из ковкого чугуна	КЧ30–6, КЧ45–7, КЧ60–3	1215–79	КЧ30–6 ГОСТ 1215–79
	Латуни литейные	ЛЦ40С, ЛЦ25С2, ЛЦ30А3	17711–93	ЛЦ40 С ГОСТ 17711–93
	Бронзы оловянные литейные	Бр03Ц12С5, Бр05С25	613–79	Бр05 С25 ГОСТ 613–79
	Сплав алюминиевый литейный	АК12, АК7, АК7ч, АК9ч	1583–93	АК7ч ГОСТ 1583–93

## Сортовой прокат

Наименование сортового проката	Пример обозначения на чертеже
Прокат горячекатаный круглый обычной точности прокатки В, диаметром 10 мм по ГОСТ 2590–2006, из стали марки 65Г, группы 2ГП, категории 3А	В-10 ГОСТ 2590–2006 Круг ————— 65Г-2ГП-3 А ГОСТ 14959–2016
Полоса стальная горячекатаная толщиной 10 мм, шириной 60 по ГОСТ 103–2006, из стали марки Ст3 сп категории 5	10х60 ГОСТ 2590–2006 Полоса ————— Ст3сп-5 ГОСТ 535–2005
Прокат калиброванный шестигранный диаметром вписанного круга 8 мм по ГОСТ 8560–78, из стали марки 45, с качеством поверхности группы В по ГОСТ 1051–73	Шестигранник 8 ГОСТ 8560–78/45-В ГОСТ 1050–88

## Изоляционные материалы

Наименование материала	Марка материала	ГОСТ	Пример обозначения на чертеже
Войлок технический полугрубошерстный, кольцо с наружным диаметром 75 мм, внутренним диаметром 50 мм, толщиной 7 мм	Войлок для сальников, применяемых для задержки смазочных масел в местах трения и предохранения мест трения от попадания воды и пыли. Кольцо-сальник полугрубошерстное чистошерстяное. Кольцо-сальник полугрубошерстное с содержанием химических волокон	6308–71	Кольцо СП-75-50-7 ГОСТ 6308–71
	Кольцо-прокладка марки Б плотностью $(0,28 \pm 0,02)$ г/см <sup>3</sup> полугрубошерстное с содержанием химических волокон		Кольцо СП <sub>х</sub> -75-50-7 ГОСТ 6308–71
			Кольцо П <sub>р</sub> АП-75–50–7 ГОСТ 6308–71
Войлок технический грубошерстный, кольцо с наружным диаметром 75 мм, внутренним диаметром 50 мм, толщиной 7 мм	Войлок для сальников. Кольцо-сальник грубошерстное, с наружным диаметром 75 мм, внутренним — 50 мм, толщиной 7 мм	6418–67	Кольцо СГ 75–50–7 ГОСТ 6418–67
Паронит марки ПОН, толщиной 2,0 мм, шириной 500 мм и длиной 500 мм	ПОН, ПМБ, ПК, ПА	481–80	Паронит ПОН 2,0х500х500 ГОСТ 481–80
Кожа техническая		20836–75	Кожа 3 ГОСТ 20836–75



Наименование материала	Марка материала	ГОСТ	Пример обозначения на чертеже
Картон прокладочный толщиной 1 мм	А — картон для прокладок соединений, применяемых в среде масла, бензина, воды Б — картон для прокладок соединений, применяемых в среде воды, воздуха	9347–74	Картон А-1,00 ГОСТ 9347–74  Картон Б-1,00 ГОСТ 9347–74
Пластины резиновые и резинотканевые. Пластина 1-го класса марки МБС, степени твердости С, толщиной 3 мм	АМС — атмосферомаслостойкая МБС — маслобензостойкая	7338–90	Пластина 1 МБС–С-3 ГОСТ 7338–90
Набивки сальниковые	АПК-31, АП-31, ХБР	5152–84	Набивка крученая марки АПК-31 20 ГОСТ 5152–84 Набивка скатанная марки ХБР 20 ГОСТ 5152–84

*Учебное издание*

**Понетаева** Наталия Христофоровна  
**Патрушева** Наталья Владимировна

**ИНЖЕНЕРНАЯ ГРАФИКА.  
ИНФОРМАЦИОННЫЕ  
ОСНОВЫ ПРОЕКТИРОВАНИЯ**

Редактор *О. В. Климова*  
Корректор *А. А. Трофимова*  
Верстка *О. П. Игнатьевой*

Подписано в печать 13.09.2019. Формат 60×84/8.  
Бумага офсетная. Цифровая печать. Усл. печ. л. 15,3.  
Уч.-изд. л. 6,4. Тираж 40 экз. Заказ 253

Издательство Уральского университета  
Редакционно-издательский отдел ИПЦ УрФУ  
620049, Екатеринбург, ул. С. Ковалевской, 5  
Тел.: +7 (343) 375-48-25, 375-46-85, 374-19-41  
E-mail: rio@urfu.ru

Отпечатано в Издательско-полиграфическом центре УрФУ  
620083, Екатеринбург, ул. Тургенева, 4  
Тел.: +7 (343) 358-93-06, 350-58-20, 350-90-13  
Факс: +7 (343) 358-93-06  
<http://print.urfu.ru>



